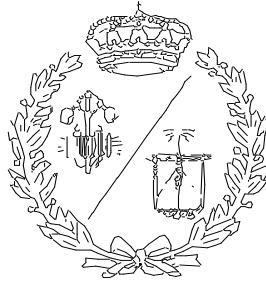


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**PROYECTO DE PRODUCCIÓN DE A.C.S.
MEDIANTE UNA INSTALACIÓN SOLAR
TÉRMICA Y CALEFACCIÓN POR SUELO
RADIANTE EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR**

**(Project of domestic hot water and radiant floor
heating system, using thermal solar energy
installation, in a single-family house)**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autor: Jairo Acebes Pascua

Septiembre - 2019

En este proyecto se hablará de la realización de una instalación solar térmica en una vivienda unifamiliar de dos plantas. Esta instalación servirá de apoyo al suministro de la energía necesaria para cubrir las demandas de agua caliente sanitaria y de calefacción de la vivienda.

En primer lugar, se explicarán detalladamente todos los componentes y aspectos relevantes de la instalación solar térmica, definiendo la solución que se adoptará en este proyecto. Posteriormente, se realizarán los cálculos referentes a las demandas de ACS y cargas térmicas de calefacción, para seguidamente pasar al diseño de la instalación de suelo radiante, en base al CTE y demás normativas.

Tras esto, se adjuntarán los planos que aporten información sobre la instalación y la definición arquitectónica de la vivienda, junto a un pliego de condiciones que se deberá cumplir en la realización de la obra. Por último, se realizará una estimación de los presupuestos finales que supondrá la obra total.

This project will talk about the realization of a solar thermal installation in a two-floor single-family house. This installation will serve as support for the supply of the necessary energy to meet the demands of domestic hot water and heating system of the house.

Firstly, all important components and aspects of the solar thermal installation will be explained in detail, defining the solution that will be adopted in this project. After this, calculations regarding domestic hot water demands and thermal heating loads will be carried out, to then move on to the design of the radiant floor installation, that will be based on the CTE and other regulations.

After this, the plans that provide information about the installation and the architectural definition of the house will be attached, together with a list of conditions and specifications that must be met in the completion of the work. Finally, an estimation will be made on the final budgets that the total work will entail.

ÍNDICE GENERAL

1. MEMORIA	8
1.1. OBJETO DEL PROYECTO	8
1.2. SITUACIÓN.....	8
1.3. DATOS METEOROLÓGICOS DE SANTANDER.....	9
1.4. USUARIOS Y DEMANDA	10
1.5. SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA	11
1.5.1. Sistema captador de radiación	11
1.5.2. Circuito hidráulico	12
1.5.3. Sistema intercambiador de calor	12
1.5.4. Sistema de acumulación solar.....	12
1.5.5. Sistema de bombas de circulación.....	13
1.5.6. Sistema de energía auxiliar	13
1.6. CLASIFICACIÓN DE INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS	14
1.6.1. Principio de circulación.....	14
1.6.2. Circulación natural (termosifón).....	15
1.6.3. Circulación forzada.....	15
1.6.4. Sistema de expansión	16
1.6.5. Sistema abierto	16
1.6.6. Sistema cerrado	16
1.6.7. Sistema de intercambio térmico	17
1.6.8. Sistema directo.....	17
1.6.9. Sistema indirecto.....	17
1.6.10. Sistema auxiliar.....	18
1.6.11. Aplicación.....	20
1.7. EL SISTEMA DE CAPTACIÓN	26

1.7.1. Captadores de tubos de vacío.....	26
1.7.2. Sistemas de flujo directo	27
1.7.3. De tubos de calor (Heat Pipe)	27
1.7.4. Captadores concentradores	28
1.7.5. Captadores planos	29
1.7.6. Funcionamiento de los captadores planos	31
1.7.7. Partes del captador plano	33
1.7.8. Criterios para la correcta elección del captador solar.....	42
1.8. CAMPO DE CAPTACIÓN	46
1.9. SISTEMA HIDRÁULICO	47
1.9.1. Tipos de conexiones	48
1.9.2. Conexión serie	48
1.9.3. Conexión paralela	48
1.9.4. Conexión serie-paralelo	49
1.9.5. Elementos del sistema hidráulico	49
1.10. SISTEMA DE INTERCAMBIO.....	57
1.10.1. Funcionamiento y propiedades del intercambiador de calor	58
1.10.2. Tipos de intercambiadores de calor	59
1.11. SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN	62
1.12. SISTEMA DE ACUMULACIÓN	63
1.12.1. Tipos de acumuladores según intercambio.....	64
1.12.2. Acumuladores de circuito abierto	64
1.12.3. Acumuladores de intercambio simple.....	65
1.12.4. Acumuladores de intercambio doble	66
1.12.5. Tipos de acumulador según materiales.....	67
1.12.6. Criterio de selección del acumulador	68

1.13. APLICACIONES DE EMPLEO	70
1.13.1. <i>Agua caliente sanitaria (A.C.S.)</i>	70
1.13.2. <i>Calefacción mediante suelo radiante</i>	71
1.14. SOLUCIÓN ADOPTADA	82
1.14.1. <i>Captación</i>	82
1.14.2. <i>Circulación</i>	82
1.14.3. <i>Expansión</i>	83
1.14.4. <i>Intercambio de calor</i>	83
1.14.5. <i>Acumulación</i>	84
1.14.6. <i>Integración del sistema de energía auxiliar</i>	84
1.14.7. <i>Regulación y control</i>	85
1.15. TRATAMIENTO FRENTE A LA LEGIONELA	85
1.15.1. <i>Qué es la legionela</i>	85
1.15.2. <i>Medidas preventivas antilegionela</i>	86
1.15.3. <i>Instalaciones de agua de consumo humano</i>	87
1.15.4. <i>Alternativas de uso frente a la legionela</i>	88
1.15.5. <i>Solución adoptada antilegionela</i>	88
ANEJO A: CÁLCULOS	90
1.16. CUMPLIMIENTO DEL CTE	90
1.16.1. <i>Descripción del edificio</i>	90
1.16.2. <i>Aplicación de opción simplificada del CTE</i>	92
1.16.3. <i>Determinación de zona climática según sección HE1</i>	94
1.16.4. <i>Clasificación de edificios según el CTE</i>	94
1.16.5. <i>Cumplimiento de permeabilidad al aire</i>	95
1.16.6. <i>Definición de envolvente térmica</i>	95
1.16.7. <i>Cuantificación y caracterización de exigencias</i>	97

1.16.8. Caracterización del consumo según el apartado HE0.....	97
1.16.9. Caracterización del consumo según el apartado HE1.....	98
1.16.10. Limitación de descompensaciones.....	100
1.16.11. Cerramientos de la envolvente.....	101
1.16.12. Huecos y puertas	105
1.16.13. Cumplimiento de conductividades de cerramientos	105
1.16.14. Condensaciones de puentes térmicos	106
1.17. CÁLCULOS PARA A.C.S.....	108
1.17.1. Cálculo de la superficie de captación y coberturas	108
1.17.2. Distancia entre los captadores	139
1.17.3. Dimensionamiento del acumulador	140
1.18. CÁLCULOS PARA CALEFACCIÓN.....	141
1.18.1. Cargas térmicas de calefacción	141
1.18.2. Cargas de transmisión de calor.....	142
1.18.3. Cargas de renovación de aire	146
1.18.4. Cálculo de calores totales por hora.....	149
1.18.5. Cálculo de la superficie de captación y coberturas	157
1.18.6. Diseño de suelo radiante según la norma UNE-EN-1264	175
1.18.7. Cálculo de curvas características.....	182
1.18.8. Cálculo de curvas límite	187
1.18.9. Representación del diagrama de curvas	189
1.18.10. Dimensionamiento del sistema.....	191
1.18.11. Especificaciones de la instalación de suelo radiante.....	199
1.18.12. Dimensionamiento del acumulador	206
ANEJO B: FICHAS TÉCNICAS	206
ANEJO C: NORMATIVA UTILIZADA.....	240

2. PLANOS	241
3. PLIEGO DE CONDICIONES	250
3.1. DISPOSICIONES PRELIMINARES	250
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA	252
3.2.1. Colectores	252
3.2.2. Interacumuladores.....	253
3.2.3. Tuberías de circuitos y demás elementos	253
3.3. CONDICIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS.....	253
3.3.1. Materiales.....	253
3.3.2. Reconocimiento de los materiales.....	254
3.4. EJECUCIÓN DE LA OBRA	254
3.4.1. Generalidades	254
3.4.2. Montaje de estructura soporte y captadores	257
3.4.3. Montaje del interacumulador	257
3.4.4. Montaje de las bombas	258
3.4.5. Montaje de tuberías y accesorios.....	258
3.4.6. Montaje del aislamiento.....	261
3.5. MEDICIÓN Y ABONO DE OBRAS.....	261
3.5.1. Colectores solares de placa plana	261
3.5.2. Replanteo.....	262
3.5.3. Mediciones	262
3.5.4. Abono de las obras	262
3.5.5. Comienzo de las obras.....	263
3.5.6. Responsabilidades en la ejecución	263
3.6. DISPOSICIONES FINALES	264
3.6.1. Condiciones de contratación	264

3.6.1.1. Elección de componentes	264
3.6.1.2. Prescripciones generales de la instalación.....	264
3.6.2. Ejecución del proyecto	264
3.6.3. Condiciones facultativas.....	265
3.6.3.1. Dirección	265
3.6.3.2. Interpretación	266
3.6.3.3. Responsabilidad de la casa constructora	266
3.6.3.4. Duración de obra.....	266
3.6.3.5. Exclusividad de proyecto.....	267
3.6.4. Garantías.....	267
3.6.4.1. Plazo de garantía	267
3.6.4.2. Recepción definitiva	269
3.6.5. Tramitación.....	269
3.6.5.1. Tramitación oficial	269
3.6.5.2. Validez del presupuesto	270
3.6.5.3. Cambio de constructor	270
4. PRESUPUESTO	270
4.1. PRESUPUESTO PARA AGUA CALIENTE SANITARIA.....	270
4.2. PRESUPUESTO PARA CALEFACCIÓN	276
4.3. PRESUPUESTO FINAL	282
BIBLIOGRAFÍA	283
ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES	286
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	286
ÍNDICE DE TABLAS	289

1. MEMORIA

1.1. OBJETO DEL PROYECTO

En el presente proyecto, se tratará como objetivo el suministro de agua caliente sanitaria a lo largo del año, y de calefacción por medio de suelo radiante durante los meses de mayor demanda (invierno) a una vivienda unifamiliar situada en Santander; mediante la realización de una instalación de energía solar térmica.

Todo ello se realizará con una caldera de gas como sistema de apoyo para el suministro de agua caliente sanitaria principalmente y, si fuera necesario, también para el suministro de calefacción.

Como principal objetivo estará el demostrar que es factible y preferible realizar el suministro mediante una energía renovable como es la instalación solar térmica, reduciendo las emisiones contaminantes de la quema de combustible y buscando el ahorro energético y económico, a la vez que se obtiene una cobertura de las necesidades bastante aceptable.

1.2. SITUACIÓN

La vivienda que se tratará se encuentra en Santander, municipio capital de la provincia de Cantabria, con coordenadas 43,46° N de latitud y 3,8° O de longitud, y se encuentra más o menos a una altitud de 3 msnm.

Esta ciudad (Santander), se encuentra en el norte de España, en la zona cantábrica, y como tal tiene un clima oceánico que consiste en inviernos fríos, pero no excesivamente; y veranos no muy calurosos. La temperatura media del año es de aproximadamente 14.5°C, teniendo una temperatura media en enero (mes más frío) de 10°C y una temperatura en agosto (mes más caluroso) de 20°C.

En cuanto a las precipitaciones, el índice de pluviosidad es mayor en las estaciones otoño-invierno, pero durante todo el año se dan las precipitaciones con cierta frecuencia.

La vivienda se encontrará en Santander, ocupando una superficie útil de 62 m² con dos plantas, la planta baja y la primera planta, más un pequeño ático-almacén no habitado en la parte superior. Además, tiene una finca en la que se situarán los paneles solares empleados para la obtención de energía.

1.3. DATOS METEOROLÓGICOS DE SANTANDER

Los datos climatológicos de esta ciudad han sido obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) como datos oficiales para el punto de estudio ubicado en la base meteorológica del Aeropuerto Seve Ballesteros de Santander. Estos datos no son referidos al año actual sino basados en un estudio de datos históricos del rango de las tres últimas décadas (1981 – 2010), pero son los datos más recientes obtenidos de la página oficial.

Mes	T	TM	Tm	R	HR	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
ENERO	9,7	13,6	5,8	106	72	12,3	0,4	0,8	0,8	2,1	2,9	85
FEBRERO	9,8	13,8	5,7	92	72	11,1	0,3	1,1	0,9	1,2	3,1	104
MARZO	11,3	15,7	7	88	71	9,9	0,1	0,9	1,2	0,4	2,9	135
ABRIL	12,4	16,6	8,3	102	72	11,9	0	1,3	0,7	0	2,4	149
MAYO	15,1	19,1	11,1	78	74	10,4	0	1,6	1,7	0	2,4	172
JUNIO	17,8	21,6	13,9	58	75	7,6	0	1,8	1,2	0	3,7	178
JULIO	19,8	23,6	16	52	75	7,3	0	2	0,5	0	4,5	187
AGOSTO	20,3	24,2	16,4	73	76	7,6	0	1,4	0,8	0	3,8	180
SEPTIEMBRE	18,6	22,8	14,4	83	76	8,9	0	1,5	1,9	0	4,6	160
OCTUBRE	16,1	20,3	11,8	120	75	11,1	0	1	2,1	0	2,8	129
NOVIEMBRE	12,5	16,3	8,7	157	75	13,3	0	1,3	0,9	0,4	3,2	93
DICIEMBRE	10,5	14,2	6,7	118	73	12,1	0,1	0,9	0,6	2	3,4	74
Año	14,5	18,5	10,5	1129	74	123,6	0,9	15,7	13,4	6,2	38,9	1649

Tabla 1. Datos meteorológicos mensuales de Santander

Leyenda:

T	Temperatura media mensual/anual (°C)
TM	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
Tm	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
R	Precipitación mensual/anual media (mm)
HR	Humedad relativa media (%)
DR	Número medio mensual/anual de días de precipitación superior/igual a 1 mm
DN	Número medio mensual/anual de días de nieve
DT	Número medio mensual/anual de días de tormenta
DH	Número medio mensual/anual de días de helada
DF	Número medio mensual/anual de días de niebla
DD	Número medio mensual/anual de días despejados
I	Número medio mensual/anual de horas de sol

1.4. USUARIOS Y DEMANDA

En la presente vivienda se tendrá un nivel de ocupación de 5 o 6 personas durante todo el año, y junto a unas demandas algo irregulares, teniendo demanda nula entre las 0:00h y las 6:00h de la madrugada, y picos de demanda entre las 6:00h y las 9:00h de la mañana, además de entre las 21:00h y las 23:00h de la noche. El resto de las horas se tendrán consumos dispares según la cantidad de personas presentes en la vivienda.

Por ello, se dispondrá de un depósito amplio para ACS, teniendo en cuenta que debe almacenar durante horas que no se consume y que tiene importantes picos en la demanda. Además, se deberá recordar que se tendrá otro depósito en que se almacenará energía para ser empleada en calefacción.

También, debido a la variedad en cuanto a la insolación que se da entre distintos meses, se obtendrá que la cobertura se verá algo dañada en los meses de menos insolación, mientras en verano (cuando mayor es), será cercana al 100%.

1.5. SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La energía solar térmica es obtenida directamente del Sol, y consiste en la transformación de la radiación procedente del Sol para el calentamiento de un fluido, que suele ser agua, con el fin de producir agua caliente para su uso en el hogar. En el presente caso, esta agua será empleado para la producción de agua caliente sanitaria (duchas, grifos...) y para calefacción por medio de suelo radiante, y todo ello de forma ecológica y mediante energía renovable.

Una instalación solar térmica está compuesta por diferentes partes que contribuyen para la transformación de la radiación solar. En primer lugar, los colectores recogen la energía procedente del Sol de forma directa, y estas serán las placas que se verán en el tejado o finca. Tras esto, se acumula el calor en un depósito, a la vez que va siendo distribuido según las exigencias que va teniendo la vivienda, por medio del intercambio dado con la entrada de agua fría al sistema.

Esto permite que la instalación solar térmica pueda ser empleada como fuente principal de energía o como fuente de apoyo a la principal. Se podrán distinguir en su funcionamiento las siguientes fases para la producción de la energía.

1.5.1. Sistema captador de radiación

Se tendrán los paneles solares que se encargan de la absorción de la radiación solar y calentamiento del fluido que va por estos captadores. Hay de distintos tipos y rendimientos, en función de qué porcentaje de la radiación total es absorbida.



Ilustración 1. Captador solar

1.5.2. Circuito hidráulico

Se tendrá un circuito cerrado de tuberías donde se transportará el agua calentado de los captadores, aunque se hablará de circuito de ida (salida de captadores) y circuito de retorno (entrada a captadores).

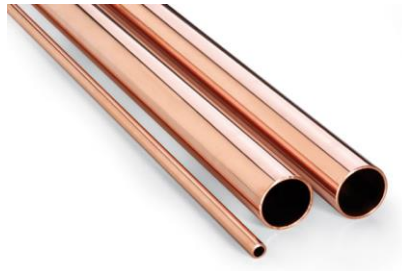


Ilustración 2. Tuberías de cobre del circuito hidráulico

1.5.3. Sistema intercambiador de calor

Se tendrá un intercambiador de calor para ceder el calor que es transportado mediante el circuito hidráulico, para su uso en calefacción por suelo radiante.



Ilustración 3. Intercambiador de calor de placas

1.5.4. Sistema de acumulación solar

Se tendrán acumuladores de calor, que son depósitos donde se almacena la energía solar que no es consumida instantáneamente debido a las variaciones de demanda. En el caso presente se considerarán dos depósitos, uno para el agua caliente sanitaria (ACS) y otro para calefacción.



Ilustración 4. Acumulador solar

1.5.5. Sistema de bombas de circulación

Se tendrán bombas o circuladores para mover los caudales de agua y para vencer las pérdidas de carga que existan en el circuito.



Ilustración 5. Bomba de circulación

1.5.6. Sistema de energía auxiliar

Se tendrá un sistema auxiliar que aportará energía en los momentos de picos de demanda y para los momentos de baja radiación solar (meses de invierno). Este consistirá en una caldera auxiliar.



Ilustración 6. Caldera de energía auxiliar

Se tendrá un esquema del estilo de:

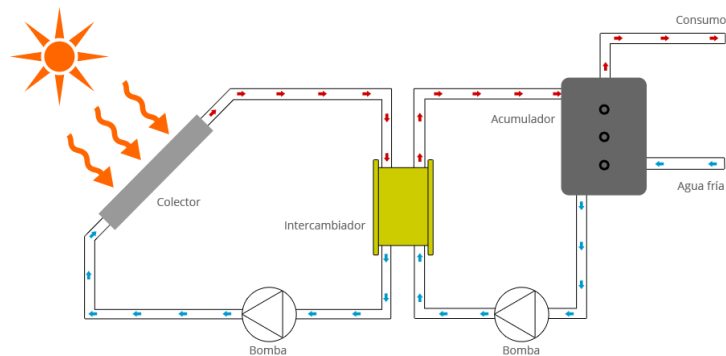


Ilustración 7. Ejemplo de esquema de la instalación

1.6. CLASIFICACIÓN DE INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

Por lo general, las instalaciones se clasifican según ciertos parámetros:

1.6.1. Principio de circulación

Según la forma en que el fluido circula del captador hasta el acumulador, se pueden diferenciar en instalaciones de circulación natural o forzada:

1.6.2. Circulación natural (termosifón)

El fluido circula entrando por la parte inferior del captador y se calienta debido a la radiación solar. El efecto de ese calentamiento es una disminución de su densidad, por la que experimenta un movimiento ascendente, saliendo del captador por la parte superior.

Este fluido llega al acumulador y cede todo el calor, enfriándose y aumentándose su densidad, de forma que sale de nuevo del acumulador para cerrar el circuito volviendo a entrar por debajo del captador, como se puede ver en la figura inferior.

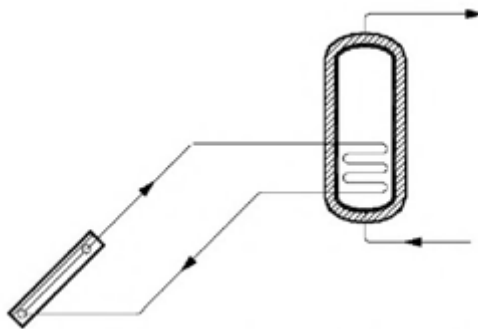


Ilustración 8. Sistema termosifón

1.6.3. Circulación forzada

El movimiento no se da de forma natural según las densidades, sino que una bomba es la que se encarga de mover el fluido del acumulador al captador. La ventaja frente a la circulación natural es que los captadores y los acumuladores pueden situarse a mayores distancias.

Con este sistema se pueden obtener altas temperaturas y grandes volúmenes.

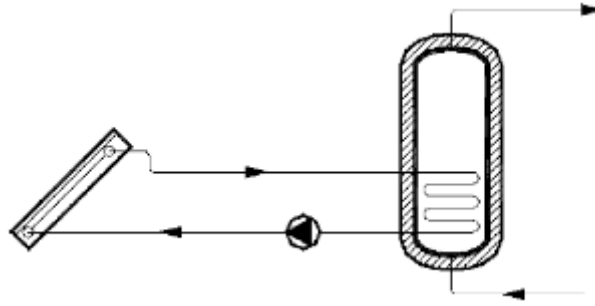


Ilustración 9. Sistema de circulación forzada

1.6.4. Sistema de expansión

En función de las variaciones de temperatura que sufre el fluido, habrá unas variaciones en el volumen de este que deberán ser absorbidas con el fin de evitar rotura de componentes. Según el sistema de expansión del fluido se tendrán dos tipos de sistemas, abiertos o cerrados.

1.6.5. Sistema abierto

El fluido del circuito primario está en contacto permanente con la atmósfera y sufre cambios en su temperatura. El vaso de expansión debe situarse por encima del punto más alto del primario.

1.6.6. Sistema cerrado

El fluido del circuito primario no está en contacto con la atmósfera.

1.6.7. Sistema de intercambio térmico

En función del sistema de intercambio se puede tener un sistema directo o indirecto, en función del número de circuitos y que fluido es el que llega finalmente al usuario:

1.6.8. Sistema directo

Solamente posee el circuito primario, con que el fluido que forma el primario, que pasa por el colector es el mismo que llega finalmente al usuario para su consumo.

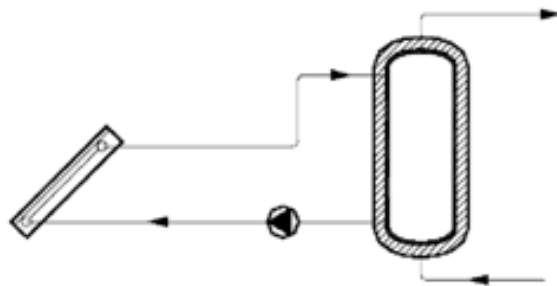


Ilustración 10. Sistema de intercambio directo

Su uso ha presentado problemas e inconvenientes y, por ello, el CTE ya no contempla su uso en adelante.

1.6.9. Sistema indirecto

En este sistema existen dos circuitos independientes, el primario y el secundario. El primario es el que circula entre acumulador y captador, mientras que el secundario es el que llega al consumo del usuario. El intercambio de calor se produce entre el circuito primario y el circuito secundario.

El hecho de que el fluido de consumo no sea el que pasa por los captadores debido a la división en dos circuitos, permite el empleo de productos químicos y

anticongelantes que mejoren las propiedades térmicas del fluido caloportador, sin dañar al cliente.

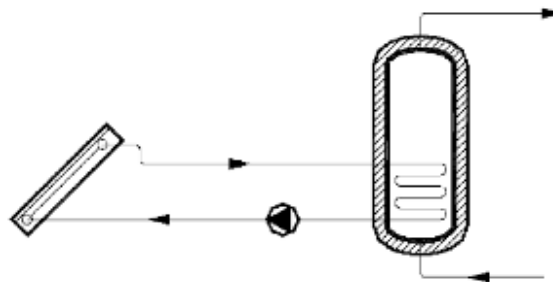


Ilustración 11. Sistema de intercambio indirecto

1.6.10. Sistema auxiliar

En función de la forma en que se conecta el sistema de aporte de energía auxiliar con la instalación solar térmica, se pueden distinguir distintos tipos:

- Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario individual.

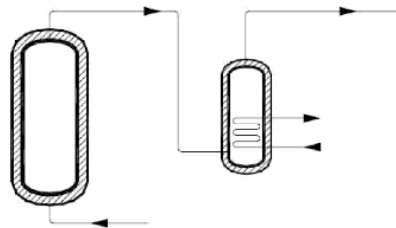


Ilustración 12. Sistema de energía auxiliar de acumulador individual

- Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario centralizado.

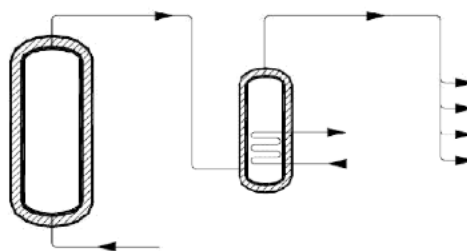


Ilustración 13. Sistema de energía auxiliar de acumulador centralizado

- Sistema de energía auxiliar en acumuladores secundarios distribuidos.

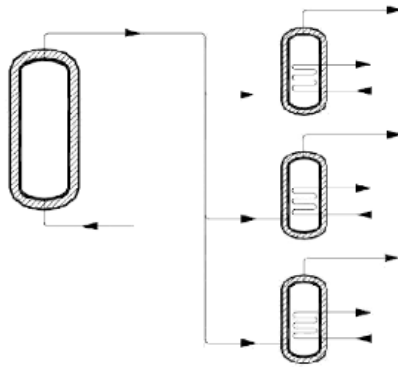


Ilustración 14. Sistema de energía auxiliar de acumuladores distribuidos

- Sistema de energía auxiliar en línea centralizado.

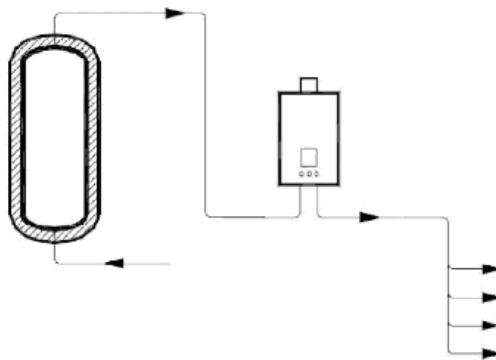


Ilustración 15. Sistema de energía auxiliar en línea centralizado

- Sistema de energía auxiliar en línea distribuido.

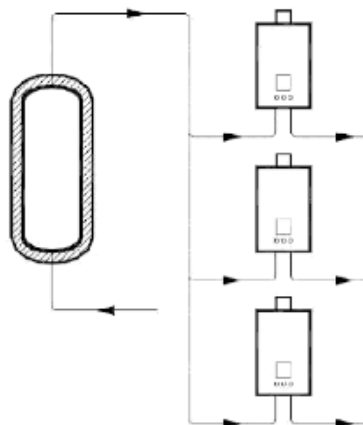


Ilustración 16. Sistema de energía auxiliar en línea distribuido

1.6.11. Aplicación

Existe otra clasificación según el tipo de aplicación que tenga la instalación solar térmica en cuestión, y es que la energía solar está convirtiéndose en una gran alternativa para las siguientes aplicaciones:

- **Para calefacción.**

En España, aproximadamente la mitad de la energía empleada en las viviendas es empleada calentar las estancias, mediante calefacción. Si bien es cierto que, en partes de España, como las provincias del sur, no requieren prácticamente de calefacción en ningún mes del año, en otras zonas, como la zona Norte, se requiere de ella durante los meses de otoño-invierno, entre octubre y marzo, como es el caso del presente proyecto ubicado en Santander, de clima oceánico.

En un caso práctico, no es posible conseguir nunca el 100% de la demanda de calefacción de una vivienda mediante una instalación solar térmica, pero lo más habitual es emplear una instalación combinada de calefacción con agua caliente sanitaria, consiguiendo cubrir cerca de la totalidad de demanda de ACS y alrededor de un 30% de la demanda de calefacción.

Sin embargo, el principal problema en las instalaciones convencionales de calefacción es que funcionan a unas temperaturas de trabajo demasiado elevadas, a las que una instalación solar térmica no puede alcanzar. Por ello, como el agua caliente sanitaria es calentado a unos 60°C (que sí alcanza la instalación solar), se emplea generalmente con ese fin.

Para poder emplearlo conjuntamente para ACS y calefacción, se opta por la instalación de suelo radiante, que trabaja en torno a los 35°C – 45°C, que es el intervalo de máximo rendimiento de los paneles solares, como se aplicará en este proyecto.

- **Para la producción de agua caliente sanitaria.**

El agua caliente sanitaria es, tras la calefacción, la causa de mayor consumo de energía en las viviendas españolas, constituyendo alrededor del 25% del consumo energético total en viviendas, como viene reflejado en el IDAE, y esta aplicación es la más importante de la tecnología solar térmica en la actualidad.

Además, las instalaciones solares resultan muy favorables debido al gran ahorro económico que suponen, ya que más del 50% de la demanda de ACS es cubierta mediante esta tecnología, que tiene a su favor el ser renovable y ecológica. Por ello, desde 2006 es obligatoria la instalación de energía solar térmica en viviendas de nueva construcción, aprobado a nivel estatal.

Actualmente, para la producción de agua caliente sanitaria, la energía solar suele dar una buena rentabilidad, y es la opción óptima. En primer lugar, el ACS se produce a temperaturas entre 35°C y 45°C, que como se mencionó previamente, son las idóneas de cara a tener el máximo rendimiento de los captadores, que se mueven en este abanico.

Además, esta tecnología requiere de la energía Sol, y durante el verano puede suponer fácilmente una cobertura total (100%), mientras en invierno alrededor del 60% en promedio; con que puede resultar rentable y se podrán alcanzar niveles de cobertura realmente interesantes. Por ello se considerará que es una tecnología rentable y apropiada para la vivienda.

En el presente proyecto, consistente en una vivienda unifamiliar, se tendrá para el agua caliente sanitaria 4 m² de superficie de captadores, con unos 200 L de volumen de almacenamiento, lo que aportará en Santander una cobertura promedio de alrededor del 70%, teniendo una cobertura en el mes más caluroso del 100% y del 20% en el mes más frío.

- **Para refrigeración.**

Es también llamada ‘frío solar’, y se basa en la idea de generar frío a través del calor recibido del Sol. Durante el verano, el consumo de electricidad aumenta mucho, por lo que el aprovechamiento de la energía solar térmica en este ámbito puede ser un punto muy bien aprovechable de cara a reducir estos picos de consumo y, obviamente, también en cuanto al hecho de ser una energía renovable y optar por energías ‘limpias’.

Esta tecnología es un sistema para refrigerar ambientes o edificios y su uso mayoritario es para el acondicionamiento del aire. De hecho, según el CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), se puede ahorrar entre el 80 y el 90 por ciento de la energía para acondicionar un edificio, unos números muy importantes. Además, la climatización en una vivienda supone alrededor de un tercio del consumo total, por lo que el frío solar sería una opción muy interesante para reducir la factura de consumo.

Por todo esto, se está actualmente poniendo un gran empeño e inversiones importantes en frío solar, como una tecnología para tener en cuenta para el presente y el futuro.

Hablando ya de los tipos de refrigeración solar que hay y de cuál es más útil y recurrente, se deberá distinguir y hablar de los más empleados, entre los que destaca el de ‘refrigeración por absorción’. Esta técnica produce frío empleando sustancias que, al evaporarse, absorben calor. Debido a su eficiencia, esta sustancia suele ser el Bromuro de Litio (además del agua). El proceso consiste en 6 pasos:

- i. El agua se evapora debido al calor en un circuito de baja presión
- ii. El bromuro de litio absorbe el vapor
- iii. Esto causa una solución concentrada o diluida que pasa por el generador

- iv. En el generador se separa la solución mediante fuente externa
- v. El agua pasa al condensador (intercambio), donde se da el calor que viene del generador
- vi. Al ser disolución concentrada de agua, se expande en la válvula de expansión y se repite el proceso de absorción

- **Para climatización de piscinas.**

La climatización de las piscinas es una operación que suele resultar cara y costosa empleando las fuentes de energía habituales, pero existe la alternativa de la energía solar. Aprovechar la energía solar para mantener la temperatura de una piscina a voluntad es la forma más satisfactoria para el uso de la energía solar en la actualidad, según data el Departamento de energía de los Estados Unidos.

La energía solar térmica tiene un potencial para la climatización de piscinas muy grande, tanto que según el tamaño y la configuración o tipo de la instalación puede lograr el objetivo con creces, manteniendo la temperatura del agua de la piscina por encima de la temperatura ambiente incluso entre 5 y 10 grados centígrados.

Sin embargo, se puede distinguir entre dos tipos de piscinas en función de si son cubiertas o se encuentran al descubierto. La diferencia reside en el hecho de ser cubierta, ya que la instalación solar térmica no es capaz de aportar la energía necesaria para mantener la temperatura del ambiente además de la del volumen de agua. Por ello, la instalación solar funcionará como un aporte de energía auxiliar a la bomba de calor, que será la que tenga suficiente potencia para ello.

- **Para usos industriales.**

La energía solar térmica tiene un potencial para la industria que no ha sido muy aprovechado en el pasado, pero es capaz de proporcionar una parte importante del calor que se requiere para usos industriales, de forma natural y bastante económica. Muchos procesos industriales requieren de fluidos calientes (entre 30 y 400 grados) que suelen ser calentados con el quemado de combustibles fósiles; sin embargo, existe la alternativa del uso de energía solar térmica para calentar, al menos parcialmente hasta cierta temperatura.

Algo bueno que tiene la energía solar para usos industriales, es su capacidad para proveer una amplia gama de temperaturas. Para bajas temperaturas (<100°C) se instalan paneles solares en cualquier superficie, incluidos tejados; y para altas temperaturas (>200°C), se opta por concentradores de rayos solares, que pueden llegar a proporcionar mayores temperaturas, aunque con un desarrollo más complicado.

No obstante, en la mayoría de los casos, tampoco será capaz la energía solar de cubrir todas las necesidades de la industria, por lo que se recurrirá generalmente a fuentes de energía de combustible fósil y electricidad de forma auxiliar para poder cubrir la totalidad de los requerimientos de la industria. El porcentaje que se podrá obtener de la energía solar no será muy alto, andando por debajo del 40 por ciento, pero será algo impredecible, y variará según la aplicación que se quiera dar a esta energía, las condiciones climatológicas del lugar en que se encuentre, la forma en que se aproveche...entre otros factores.

Cabe destacar que el empleo de la energía solar en la industria tiene algunas ventajas, aunque con algún aspecto no muy favorable, como son:

- La económica (ahorro por no requerir de la compra de combustibles fósiles), pese a requerir de gastos en la transformación y transporte de la energía como producto final.

- La futura mejora en competitividad (una fuente de energía gratuita como es el Sol disminuye costes de producción). Sin embargo, actualmente no es competitiva frente al combustible fósil.
- La medioambiental (al ser una fuente renovable y suponer la no quema de combustible fósil, sin la consecuente emisión de gases contaminantes como el CO₂, SO₂...).
- La mejora en condición de trabajo (estos productos contaminantes para la atmósfera también pueden ser bastante nocivos para los trabajadores de la industria).

Algunos de los fines de la solar térmica de baja temperatura son las lavanderías de ropa, lavados de vehículos y lavados industriales, procesado de alimentos o calefacción, destilación de agua y acuicultura, entre otros.

- **Para otros usos.**

La tecnología solar térmica, como ya quedó mencionado anteriormente, está en constante desarrollo a lo largo de los años, y continuamente están apareciendo nuevas técnicas y aplicaciones en ciertos ámbitos o campos en que nunca se había planteado poder sacar provecho de esta tecnología, y sin embargo suele ser una alternativa buena para dichas aplicaciones.

Por ejemplo, actualmente hay vehículos, tanto aéreos como terrestres, que emplean la energía solar como un mecanismo de aporte de energía auxiliar que resulta provechoso por cubrir un porcentaje de la energía necesaria. También están los calentadores solares y los sistemas de riego con energía solar, además de otras aplicaciones que irán surgiendo y desarrollándose en los próximos años.

1.7. EL SISTEMA DE CAPTACIÓN

El panel solar o captador es la parte del sistema encargada de la captura de la radiación solar, de la conversión de ésta en energía térmica y del intercambio mediante aumento de temperatura del fluido caloportador, agua con anticongelantes en el presente caso.

En un captador, hay una distribución de temperatura a medida que se va calentando, pero no se calienta indefinidamente, sino que tiene un límite, que es la temperatura de equilibrio, a partir de la cual deja de calentarse, manteniendo esa temperatura.

Se distinguirá entre tres tipos de captadores, que son los siguientes:

- Captadores de tubos de vacío
- Captadores concentradores
- Captadores planos

Esta clasificación se centrará más en los captadores planos, por ser los que se emplearán en el presente proyecto debido al gran aprovechamiento de la radiación solar que tiene este tipo de colectores.

1.7.1. Captadores de tubos de vacío

En estos captadores, se hace el vacío dentro de los tubos, de cara a reducir las pérdidas por convección con el aire exterior. Entre estos tubos destacan los de tecnología ‘Heat Pipe’ y llevan un fluido vaporizante que circula por el interior del tubo y que se usa como fluido caloportador.

En esta tecnología, el captador está formado por varios tubos que transforman la radiación solar en energía térmica. Los tubos van dentro del colector, y por ellos

circula el fluido caloportador, que funciona como intercambiador de calor. Así, el calor captado en los tubos se transfiere a los tubos de circuito hidráulico, aprovechando toda la energía para los fines que se les quiera dar.

Esta tecnología es de alto rendimiento para todo tipo de aplicaciones solares en circuito cerrado a presión. Se los puede conectar en serie o en forma serie-paralelo para alcanzar mejor rendimiento, siendo un punto a favor que tiene el sistema de tubos el que, si un tubo es dañado, el resto de los tubos siguen funcionando y para arreglarlo simplemente se debe que sustituir el tubo dañado por otro nuevo.

Hay dos sistemas que se resumen en:

1.7.2. Sistemas de flujo directo

Están formados por un cierto número de tubos de vidrio. Dentro de cada tubo (donde se ha practicado ya previamente el vacío), se encuentra una placa de absorción con recubrimiento y un tubo de cobre adherido por el que circulará el fluido caloportador.

1.7.3. De tubos de calor (Heat Pipe)

Un tubo de calor es el capaz de transmitir una gran cantidad de energía con una pequeña diferencia de temperatura entre sus extremos. El fluido vaporiza debido a la radiación solar y asciende hasta el extremo superior del tubo (tiene un cierto grado de vacío), que se encuentra a menos temperatura. Esto hace que el vapor condense, ceda su energía y descienda de nuevo a la parte inferior del tubo a causa de la gravedad, una vez ya es líquido. En este punto, vuelve a recibir más radiación, y se reinicia un nuevo ciclo evaporándose y ascendiendo de nuevo. Este tubo está dotado de unas aletas de aluminio con cierto recubrimiento.

Estos tubos tienen ciertas características determinadas como, por ejemplo, los tubos son ajustables, lo que permite que se puedan recolocar en su inclinación óptima para obtener el máximo rendimiento de los rayos incidentes; o también, que la temperatura de funcionamiento se ajusta de forma que, si se sobrepasa la temperatura crítica del fluido, el ciclo se detenga impidiendo que dicha temperatura se dispare de forma incontrolada.



Ilustración 17. Captador solar de tubos 'Heat Pipe'

1.7.4. Captadores concentradores

Se los suele llamar captadores de alta temperatura, y su principio de funcionamiento se basa en la captación y reflexión mediante lentes y procedimientos ópticos de la energía solar incidente, y su concentración en un punto. Estos captadores emplean reflectores o lentes para dirigir y enfocar la radiación solar desde una gran área hasta un foco, de modo que se consigan altas temperaturas.

Al contrario que los de baja temperatura (destinados a agua caliente sanitaria o calefacción), estos colectores se dedican a la producción de energía de forma masiva. Estos captadores son ideales para zonas donde el cielo descubierto está casi asegurado, de modo que prácticamente toda la radiación sea directa, donde se obtengan temperaturas mayores de 100 grados centígrados. Esta misma razón supone una desventaja para las zonas que tengan climas nublados, que no sean plenamente descubiertos, de forma que no sean los más convenientes.



Ilustración 18. Captador concentrador

1.7.5. Captadores planos

Son los captadores adecuados para trabajar en el rango de bajas temperaturas, hasta un máximo de 80°C. Este dispositivo sirve para transformar la energía de la radiación solar en energía térmica de baja temperatura para usos domésticos (ACS y calefacción, climatización de piscinas...).

Existen dos tipos de captadores planos básicos:

- Captador plano protegido.

Es el más utilizado ya que tiene una relación entre el coste y la producción de calor muy favorable. El captador se ubicará en una caja rectangular cuyas dimensiones son de alrededor de 1 metro de ancho, casi 2 metros de largo y entre 5 y 10 centímetros de grosor.

La cara sobre la que inciden los rayos solares va cubierta por un vidrio templado, y las otras caras del captador son opacas y aisladas térmicamente. Dentro del captador se sitúa una placa metálica que está unida o soldada a unos conductos por los que fluye el fluido caloportador (mezcla de agua y glicol generalmente).

Esta placa, además, suele ser pintada de negro para mejorar su capacidad de absorción de calor, e incluso se le puede aplicar un tratamiento selectivo con este mismo objetivo.

Su uso está generalizado para lo doméstico, como es ACS y calefacción.



Ilustración 19. Captador solar protegido

- Captador plano no protegido.

Es una variante del anterior que, como dice su nombre, se encuentra desprotegido (sin cubierta), de modo que se ha eliminado el vidrio, lo que significa que no está bien aislada, sino expuesta al ambiente exterior. Esto hace que, frente al otro tipo, sea una alternativa más sencilla y económica.

Dada la simplicidad de este tipo de colector, existe una gran variedad de colectores según su forma y sus materiales, pero debido a su limitada eficiencia por estar expuestos, necesitan una superficie mucho mayor para cumplir con los requerimientos buscados.

Sin embargo, su bajo coste y su simplicidad lo compensan según el uso que se le quiera dar a estos colectores.

Generalmente, su material es el polipropileno o el caucho, y con ello son capaces de alcanzar temperaturas de hasta 40 grados centígrados. Su uso más frecuente es la climatización de piscinas.



Ilustración 20. Captador plano no protegido

1.7.6. Funcionamiento de los captadores planos

En cuanto al funcionamiento del captador plano, éstos aprovechan el efecto invernadero que se produce en el captador, de la misma forma que el planeta lo experimenta a través de la atmósfera. En el captador, el vidrio haría los efectos de la atmósfera actuando como filtro de la luz solar que incide sobre él (deja pasar la luz visible, mientras que a las ondas infrarrojas de menor nivel de energía las dificulta el paso, debido a su mayor longitud de onda).

De este modo, al dejar pasar la luz visible, está dejando pasar la mayor parte de la energía. Esta radiación que atraviesa el vidrio calienta el captador, convirtiéndolo a su vez en emisor de radiación infrarroja.

Sin embargo, como se ha dicho previamente, el vidrio permite el paso de la luz visible, pero se comporta como un material opaco ante la radiación infrarroja, de modo que estará entrando mucha más energía de la que estará saliendo reflejada. Esto hará que el captador esté a mayor temperatura que el ambiente exterior.

En el interior del captador habrá un sistema hidráulico consistente en una red de conductos, por la que estará fluyendo el fluido caloportador. Entonces, a medida que se calienta el captador, se estará calentando dicho fluido mediante un intercambio de energía, y ésta será transportada al punto deseado.

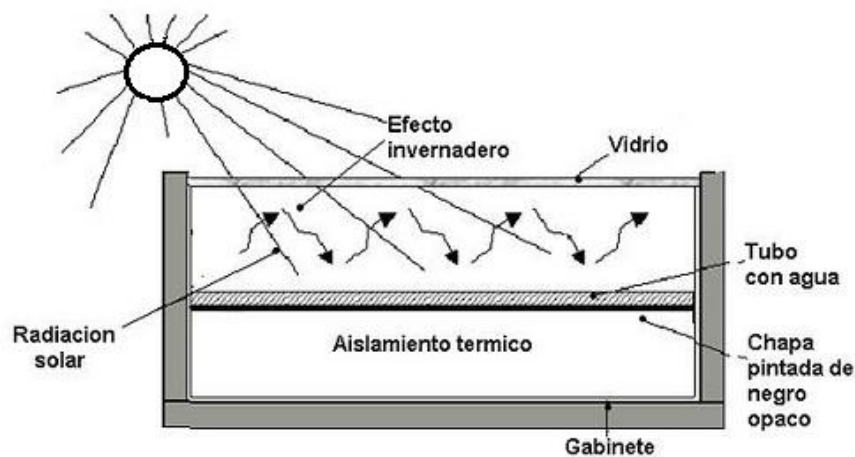


Ilustración 21. Esquema del captador plano

En cuanto al rendimiento de los colectores, éste depende de varios factores:

- Insolación (horas de sol y situación geográfica)
- Correcta colocación del colector (orientación, inclinación, grado de sombras)
- Pérdidas hacia el ambiente exterior (que aumentan cuanto mayor sea la diferencia entre las temperaturas del fluido caloportador y del ambiente).
Cuanto mayor sea la diferencia menor será la eficiencia o rendimiento.

- A mayor temperatura del captador, más energía poseerá su radiación, y más transparente se comportará el vidrio frente a ella, disminuyendo por tanto la eficiencia del colector.

1.7.7. Partes del captador plano

En cuanto a los componentes de un captador, se tiene:

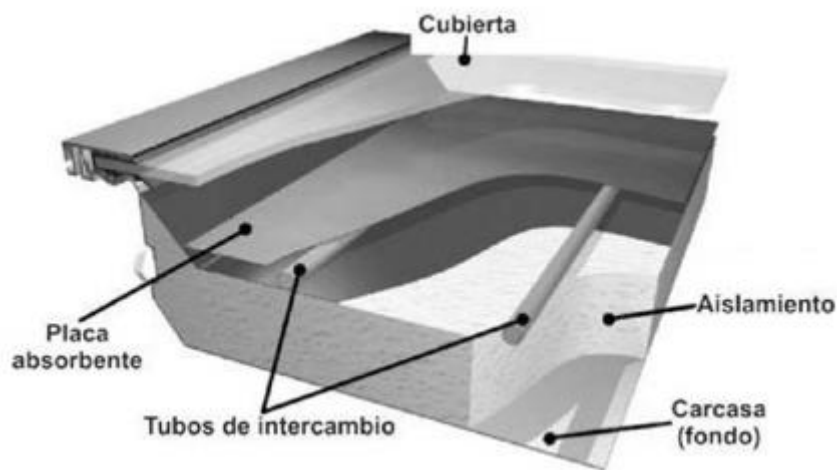


Ilustración 22. Partes del captador plano

- Cubierta transparente
- Placa absorbente
- Tubos de intercambio
- Aislamiento
- Carcasa

Ahora serán desarrollados uno a uno:

- Cubierta transparente

La función de este componente en el captador es crear el efecto invernadero mencionado previamente, además de reducir las pérdidas de calor por convección y aislar al captador de cualquier fenómeno meteorológico que pueda afectarlo, como el viento o la lluvia.

Como se explicó en un apartado anterior, el vidrio y algunos otros materiales son capaces de ser transparentes a la luz y a la radiación infrarroja cercana, pero ser opacos ante la radiación infrarroja lejana.

Este caso es el del vidrio que se emplea en estos captadores. La radiación atraviesa la cubierta llegando a la placa absorbente, donde se calienta hasta emitir una radiación. Esta será de una longitud de onda superior y la cubierta no permitirá su paso, creando un efecto invernadero en su interior que hará que el captador se aumente su temperatura.

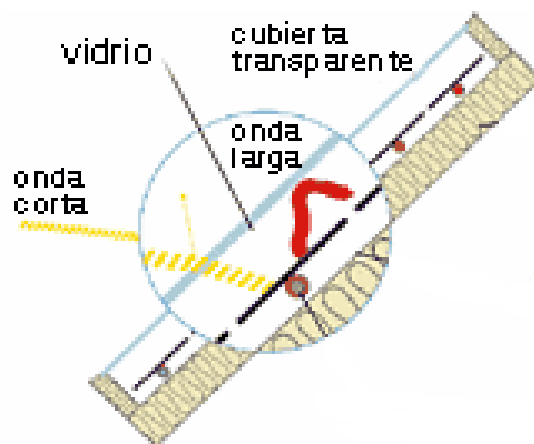


Ilustración 23. Cubierta transparente del captador plano

En cuanto a su composición, se tratará de un vidrio de unos 4 milímetros de grosor. Puede optarse por cubierta doble, pero se encarece y tendrá una capacidad absorbedora menor.

Sin embargo, suelen ser de vidrio con bajo contenido de hierro; pero también existe la posibilidad de emplear plástico, que es más ligero, menos frágil y más aislante. El problema que presenta es que no resiste ante temperaturas elevadas como el vidrio, y que puede ser vulnerable a lluvia, viento y otros agentes.

Se podrían resumir sus propiedades térmicas en las siguientes:

- Reducir pérdidas por convección
- Provocar efecto invernadero
- Asegurar estanqueidad del colector al agua y aire

En cuanto a sus propiedades mecánicas, estas son:

- Deben resistir la presión del viento, el peso de hielo y nieve...
 - Se someten a un tratamiento de templado para tener una mayor resistencia final frente a las contracciones que puedan tener en su interior por la diferencia de temperatura entre distintos puntos, y frente a mala manipulación o golpes en el transporte.
- Placa absorbente

La placa absorbente es la encargada de recibir la radiación solar, transformarla en calor y enviarla a los tubos de intercambio, calentando al fluido caloportador (agua con anticongelante). Debido a toda la explicación dada previamente, la absorptancia deberá ser grande y la emisividad pequeña, para recibir la mayor radiación posible y emitir poca radiación infrarroja de onda larga.



Ilustración 24. Placa absorbente del captador plano

El material seleccionado para las placas debe tener tres características principales de cara a ser el óptimo:

- Alto grado de absorción de radiación solar
- Alto grado de transmisión de calor
- Bajo grado de emisión o pérdidas de calor por radiación

Teniendo en cuenta estas características, se suele emplear como materiales el cobre o el aluminio, cubierto de un recubrimiento para maximizar la absorción, además de poder añadirle una pintura negra mate o un recubrimiento selectivo, con el mismo fin. Sin embargo, tienen algún punto negativo las pinturas, como son que tienen una mayor emitancia y son fácilmente deterioradas por radiación UV, o que un gran grosor supone una gran resistencia térmica, lo que disminuye el rendimiento.

En cuanto al recubrimiento selectivo, se podrían obtener absorciones muy altas (entre 0,8 y 0,9) y emitancias muy bajas (entre 0,06 y 0,15).

Todo lo mencionado es para los captadores protegidos por cubierta. Sin embargo, para los captadores desprotegidos o sin cubierta, el material empleado para la placa absorbente es el plástico.

El absorbedor es el componente más importante del captador, debido a que es el que determinará su rendimiento. Debido a ello hay que tener en cuenta sus características:

- Tratamiento de la superficie
- Corrosión interna
- Capacidad de absorbedor
- Homogeneidad de la circulación del fluido caloportador en el absorbedor
- Transmisión del calor de la placa al fluido
- Pérdidas de carga
- Puentes térmicos
- Resistencia a la presión

Y, en cuanto a los tipos de configuraciones del absorbedor hay dos, que se resumen brevemente en:

- Absorbedor de una placa metálica

Sobre ella están soldados o pegados los tubos por los que circula el fluido caloportador; también existe la posibilidad de acoplar aletas a los tubos, en lugar de la placa.

- Absorbedor de dos placas metálicas

Estas placas están separadas varios milímetros, entre las que circula el fluido caloportador, generalmente por un circuito conformado en las mismas chapas.

- Absorbedor tipo roll-bond

Suele ser de cobre o aluminio. Es una variante del tipo anterior que construye uniendo a gran presión dos láminas metálicas, habiendo dibujado previamente sobre sus partes internas el circuito del fluido. El circuito se realiza metiendo entre las placas aire a presión. Su inconveniente es la posibilidad de corrosión.

- Absorbedores de plástico

Estos se usan de forma casi exclusiva en climatización de piscinas.

- Tubos de intercambio

El sistema de tubos de intercambio del colector puede estar embutido, pegado o soldado a la placa absorbidora. Su sección suele oscilar entre 5 – 10 milímetros según el fabricante.

En cuanto a los materiales empleados, se utilizan los mismos que en el absorbedor (cobre o aluminio), ya que soportan correctamente las diferencias de presión y temperatura que se dan en los captadores habitualmente; y también por ser buenos de cara a problemas de corrosión.

Por el interior de los tubos circula el fluido caloportador (del circuito primario), que será agua con anticongelante. Este entrará frío por un extremo, avanzando a través del captador, causando así el intercambio de calor que calentará este fluido con el objetivo de llevarlo caliente al acumulador y así calentar el agua del circuito secundario, que es el que se empleará con fines de ACS o calefacción.

En cuanto a la configuración de los tubos de intercambio, se pueden distinguir tres principales, siendo el último de ellos el de mayor eficiencia debido a tener una mayor superficie de intercambio, siendo éstos los siguientes:

- Tipo parrilla vertical

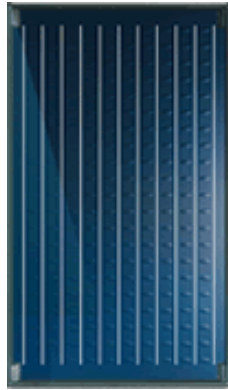


Ilustración 25. Configuración vertical de tubos

- Tipo parrilla horizontal



Ilustración 26. Configuración horizontal de tubos

- Tipo serpentín (mejor eficiencia)



Ilustración 27. Configuración en serpentín de tubos

- Aislamiento térmico

El objetivo de un aislamiento térmico de reducir las pérdidas por conducción tanto laterales como a través parte trasera de la cubierta, y aumentar el rendimiento del captador. El espesor que tendrá este aislamiento será entre 40 mm – 70 mm, y los materiales más utilizados son lana de vidrio, lana mineral o poliuretano.

En cuanto a las características que debe poseer este componente:

- Frente a la temperatura

Debe soportar temperaturas de hasta 150°C sin degradarse, para las instalaciones con situación de estancamiento.

- Frente a vapores

Debido al calor, puede desprender vapores con riesgo de resultar condensables bajo la cubierta.

- Frente al envejecimiento

A la temperatura de trabajo del captador solar, se debe asegurar que éste no ceda o se degrade ante el envejecimiento.

- Frente a la humedad

En el interior de los captadores, puede que aparezca humedad debida a condensaciones, por degradación o pequeñas roturas de la cubierta transparente o juntas de estanqueidad y por penetración en casos puntuales de lluvia, nieve o hielo. Por ello, se debe asegurar de que no ceda ante dicha humedad.

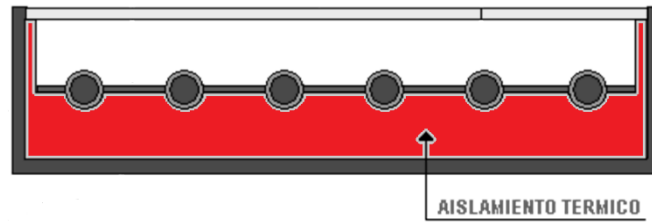


Ilustración 28. Aislamiento térmico del captador plano

- Carcasa (fondo)

Esta parte es la inferior del captador, y se encarga de soportar el peso del resto de los elementos del captador, protegiéndolos de agentes externos, proporcionando rigidez y manteniendo estanqueidad al agua y a la suciedad.

En cuanto a sus características, debe tener:

- Gran resistencia mecánica
- Gran resistencia térmica
- Resistencia a la corrosión
- Resistencia ante hielo, nieve y ambientes salinos

La carcasa también debe tener dos puntos importantes:

- Orificios de ventilación, para llevar un correcto control de la renovación del aire y su ventilación en el interior del captador
- Juntas de estanqueidad, empleadas para sellar correctamente la cubierta y la carcasa e impedir que haya entradas de lluvia o polvo. Con ellas se evitarán pérdidas de rendimiento y degradación de componentes del interior del captador.



Ilustración 29. Carcasa del captador plano

1.7.8. Criterios para la correcta elección del captador solar

Las marcas creadoras de captadores solares tienen catálogos que pueden dar lugar a malentendidos y problemas a la hora de elegirlos, e incluso pueden considerarse engañosos. Por ello, lo aconsejable es estar en manos de una buena empresa que cumpla la normativa y tenga un personal técnico con los conocimientos necesarios en este ámbito. Esta empresa deberá cumplir la normativa y ser acreditada a nivel nacional y regional.

Por esto, es recomendable, como cliente y si se tienen los conocimientos necesarios, revisar personalmente el correcto funcionamiento del captador y cuestionar a la empresa sobre lo que sea necesario antes de comprarlo, de cara a estar 100% seguros, si no se tiene la confianza y seguridad de que está todo correcto.

Para elegir el captador, se tienen en cuenta las siguientes características:

- Diseño, tamaño y acabado

Una buena configuración si no se requiere de muy altas temperaturas, es la configuración horizontal (en la que los tubos se mueven en esa dirección), ya que no tiene una distribución del fluido muy eficiente, pero su tecnología es algo cara.

Sin embargo, la configuración más habitual es la vertical, teniendo los tubos un recorrido de abajo hacia arriba de la placa. Es la más común por su gran eficiencia y resulta una opción bastante económica.

También existen otras configuraciones con características intermedias, como son los captadores cuadrados, ya que su superficie es más pequeña; u otros paneles especiales, que tienen la cubierta curva, con espejos interiores, etc.

En cuanto al tamaño, cabe destacar que son muy dispares según el fabricante al que se acuda, suele depender mucho. Esto es importante, ya que el tamaño es excesivamente grande, se dificulta su transporte; pero si son demasiado pequeños, los marcos y las conexiones suponen, en proporción, que la superficie útil sea ciertamente menor.

En cuanto al peso, se recomienda una densidad de 30 kilogramos por metro cuadrado, según su rigidez y el peso que supone en la estructura.

Y, por último, en cuanto al acabado del captador, debe tener un diseño e impacto visual agradable al comprador, teniendo en cuenta que irán colocadas en la cubierta de una vivienda o edificio, e incluso en un jardín. Además, el marco exterior y tanto las juntas como los elementos de cierre deben ser uniformes en todo el captador.

- Material y forma del sistema hidráulico

Estos son detalles relevantes a la hora de elegir captadores:

- El material del sistema hidráulico determina, generalmente, el de las tuberías y el depósito acumulador, ya que suele interesar mantener el mismo tipo de material debido a temas de corrosión de los materiales y su desgaste.
- En cuanto a la forma del sistema hidráulico, ésta hace posible determinar la presión máxima admisible. Entre ellos se encuentran la configuración de tubos en serie y en paralelo. Preferiblemente, se

suelen emplear los tubos dispuestos en paralelo; sin embargo, los más resistentes son los tubos en serie.

- Tratamiento de las superficies

Como se ha mencionado previamente, el captador suele estar recubierto de un pigmento negro que le da mayor absorción y consigue elevar la temperatura a mayores niveles. Entonces, se debe tener en cuenta que este recubrimiento puede degradarse, por lo que suele resultar necesario que esté repartido uniformemente por toda la superficie del captador. Por esto, es importante conocer la garantía que ofrece el fabricante sobre el recubrimiento que han seleccionado para cumplir esta función.

- Aislamiento térmico

En un captador, tras la placa absorbente, hay parte de radiación que se emite por debajo, y ahí entra el aislamiento térmico, que puede tener o no un reflector. Este reflector funciona como un espejo, reflejando esa radiación de vuelta a la placa, suponiendo un mayor aprovechamiento de la radiación incidente, lo que se traduce en un mayor rendimiento energético con el reflector que sin él.

En un aislamiento, cuanto más espesor haya, mayor será el aprovechamiento de la energía ya que mejor aislante será. Por ello, siempre se debe asegurar que tenga un espesor mayor de 5 centímetros, además de asegurarse que dicho aislante cubra todos los bordes laterales, que en ciertos casos se elimina de esta zona por cuestiones distintas como la estética.

También, otro detalle importante es que debe tratarse de un aislante seco, ya que, si se tratase de un aislante húmedo, perdería la propiedad aislante y se comportaría de la forma opuesta a la buscada.

- Marco y carcasa

Los marcos pueden ser de acero pintado, que acaban oxidándose; de acero inoxidable; o de aluminio anodizado. Se realizan con estos materiales debido

a la rigidez que se requiere por ser el soporte para los demás componentes del captador. Sin embargo, tanto el marco como la carcasa son de metal o de poliéster reforzado con fibra de vidrio, conjuntamente; y generalmente se ponen por separado. No obstante, también puede la caja, donde marco y carcasa constituyen una sola pieza, ser el soporte del captador.

- Fijaciones y conexiones

En cuanto a las fijaciones, deben ser lo suficientemente robustas para poder fijar el captador, y suelen venir directamente como parte del captador. Sin embargo, puede que no vengan incorporadas y sea el fabricante el que proporcione las fijaciones y juntas necesarias por separado.

En cuanto a las conexiones, éstas se hacen por roscado, lo que supone una facilidad en caso de avería, para sustituir un captador por otro nuevo. Pueden venir, según el fabricante, por la parte de abajo, por las partes superior e inferior; o por los laterales izquierdo y derecho de la placa.

- Elementos de cierre

Si el cierre es incorrecto o defectuoso, el agua o el vapor de agua entrará, y si este vapor entra al captador, se puede condensar en forma de vaho, lo cual incurrirá en una disminución en el grado de captación de radiación solar y, por tanto, en el rendimiento del captador. Por ello resulta muy importante que los elementos de cierre funcionen perfectamente, asegurando la estanqueidad total en el interior de la placa. No obstante, debido a las altas temperaturas a las que trabajará, debe permitir la dilatación de los materiales, lo que se conseguirá con juntas de caucho.

- Accesibilidad del captador

El captador debe tener todos sus componentes, ya mencionados, totalmente accesibles de cara a posibles averías, para que se pueda montar y desmontar con facilidad y sustituir cualquier componente sin necesidad de cambiar la

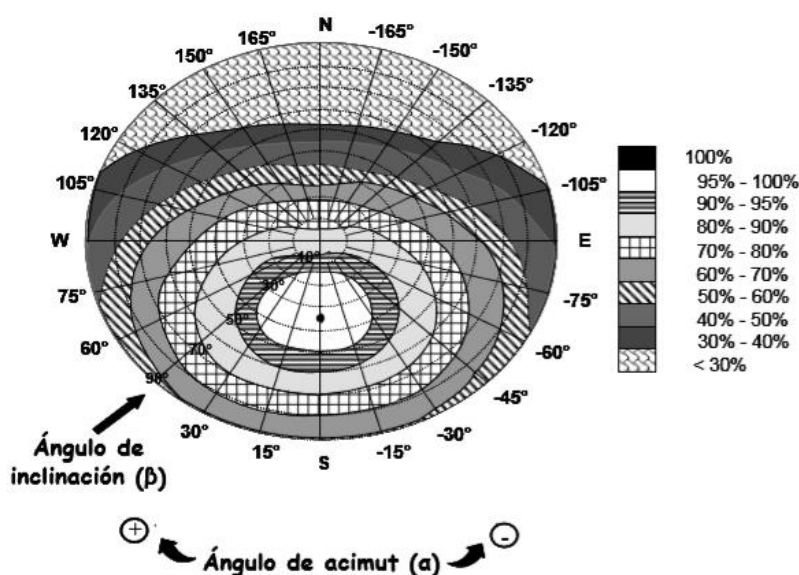
unidad completa, sobre todo la cubierta debido a su fragilidad. Interesa poder cambiarla sin rotura y sin desconexión del sistema hidráulico.

1.8. CAMPO DE CAPTACIÓN

El campo de captación se refiere a la inclinación y orientación de los captadores solares de la instalación, y se determinará teniendo en cuenta diferentes factores que influirán sobre la decisión. Estos son:

- Cumplimiento de la normativa regional y municipal de ordenanzas
- Consumo total de la vivienda o edificio a suministrar
- Espacio libre en cubierta o finca para colocar los captadores
- Tipo de captador solar empleado en la instalación

En el caso presente, como generalmente, los colectores estarán inclinados entre 40° – 50° y orientados hacia el sur, de forma que el rendimiento del colector aumente lo máximo posible durante todo el año.



Como se puede observar, el campo de captación varía notablemente en función de la inclinación y la orientación de los captadores. Para su colocación, es prácticamente imprescindible situar los captadores en una zona con un grado de proyección de sombras nulo durante la mayor parte del día. Por ello, se suele disponer en la cubierta de la vivienda o edificio, ya que se encuentran a una altura elevada en la medida de lo posible, y esto facilita la captación de radiación solar a lo largo de todo el día. Sin embargo, si se tiene un recinto o jardín en la vivienda, y no hay obstáculos importantes como otros edificios, un bosque... entonces se podrá dedicar una parte del recinto a la colocación de los captadores.

Los captadores, deben colocarse todos agrupados conjuntamente, siempre que sea posible, con el fin de no tener recorridos demasiado largos de tubos del sistema hidráulico. Habrá situaciones, sin embargo, en que no se dispondrá del espacio suficiente para cubrir toda la superficie existente de captadores, en cuyo caso no será obligatorio, pero esto incurrirá en mayores pérdidas y mayor inversión en metros de tubo.

Por último, también aparece la cuestión estética, que supone un punto importante para la colocación correcta de los captadores, buscando siempre la mínima exposición de los captadores, intentando que el impacto visual de la instalación sea lo menor posible. Esto hará que siempre se trate de emplear la configuración horizontal de los colectores, frente a la vertical.

1.9. SISTEMA HIDRÁULICO

Para el correcto funcionamiento de la instalación de energía solar térmica, es muy importante la composición y disposición del sistema hidráulico en todas sus partes. La instalación deberá cumplir unos requisitos determinados, y para ello todos los componentes deben estar diseñados para cumplirlos.

1.9.1. Tipos de conexiones

En función de los tipos de conexiones del sistema se pueden clasificar en:

1.9.2. Conexión serie

En este tipo de conexión de captadores, el fluido que pasa por el primer captador es el que se introduce en el siguiente captador, y así sucesivamente. De este modo, el fluido que pasa por un captador es calentado y, por tanto, entra en el siguiente a una temperatura mucho mayor.

Esta disposición tendrá alguna ventaja, como que los caudales totales serán menores que en otras disposiciones, con la consecuente necesidad de diámetros de tubo, bombas de circulación y recorridos más pequeños. Esto, como es obvio, repercutirá positivamente en el coste de mantenimiento y de la instalación.

Sin embargo, también tendrá inconvenientes, como es la disminución del rendimiento de los captadores. Esta ocurre al haber una menor aportación de energía de cada captador a causa del aumento de la temperatura de entrada y el menor salto térmico respecto a la de salida. Otro inconveniente es la evacuación del aire, que tiene un trazado poco óptimo de cara a la posible creación de bolsas de gas.

1.9.3. Conexión paralela

Esta configuración puede ser entre captadores, o bien puede ser entre baterías de captadores, consistente en la conexión de baterías que a su vez se componen de captadores conectados en serie (en este caso con baterías de máximo entre cuatro y seis captadores).

En el caso presente, no habrá diferencia entre un captador y el siguiente, como se mencionó en la configuración serie, sino que todos funcionan en paralelo bajo las mismas condiciones, entrando el fluido caloportador en todos los colectores a la misma temperatura, comportándose todos de forma similar.

En cuanto a los inconvenientes, se deben considerar las pérdidas de carga que haya en los grupos de tubos de cada captador, ya que el grupo de captadores conectados en paralelo será limitado.

1.9.4. **Conexión serie-paralelo**

En este tipo de configuración, se combinan los dos tipos explicados previamente. Es un sistema no muy habitual, sirviendo únicamente para instalaciones masivas de energía solar térmica, con una superficie de captación excesivamente grande, donde además se requiere de temperaturas a la salida muy altas y de la no utilización de bombas de caudal variable.

1.9.5. **Elementos del sistema hidráulico**

En primer lugar, debe concebirse un circuito hidráulico equilibrado. Si no es posible, el flujo debe ser regulado por válvulas de equilibrio.

En segundo lugar, el caudal del fluido portador se determinará de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Si esto no puede ser, su valor estará comprendido entre 1,2 – 2 litros por segundo por cada 100 metros cuadrados de superficie de captadores. En las instalaciones con conexión serie, el caudal de la instalación se obtendrá aplicando este criterio y dividiendo el resultado por el número de colectores conectados.

En cuanto a los elementos que componen el sistema hidráulico de una instalación de energía solar térmica, son los siguientes:

- Tuberías

Basados en la normativa del Código Técnico de la Edificación, sección HE 4 se pueden enumerar las siguientes normas:

- “El sistema de tuberías y sus materiales deben ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal para las condiciones de trabajo”.
- “Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible y evitar al máximo los codos y pérdidas de carga en general. Los tramos horizontales tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación”.
- “El aislamiento de las tuberías de intemperie deberá llevar una protección externa que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas admitiéndose revestimientos con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes”.

En cuanto a los materiales, también en la sección HE 4, se explica:

- “En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva”.
- “En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria, podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito y que le sean de

aplicación y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable”.

- “Si la instalación debe permitir que el agua alcance una temperatura de 60°C, no se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado”.

▪ Válvulas

Las válvulas se seleccionarán según la función que desempeñen y las condiciones extremas de presión y temperatura que puedan tener. Además, se elegirán también según ciertos criterios que se mencionan en la sección HE 4 del Código Técnico:

- Para aislamiento (válvulas de esfera)
- Para el equilibrado de circuitos (válvulas de asiento)
- Para vaciado (válvulas de esfera o válvulas de macho)
- Para llenado (válvulas de esfera)
- Para purga de aire (válvulas de esfera o válvulas de macho)
- Para seguridad (válvula de resorte)

En cuanto a las válvulas de seguridad, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema. Estas válvulas son muy importantes para asegurar que no se vea alterado el campo de captación, y esa presión máxima se suele tarar en 6 bares de presión

- Bombas de circulación

El bombeo es una parte esencial para el correcto funcionamiento de la instalación. Para ello, las bombas que sean seleccionadas deberán cubrir las demandas energéticas y las pérdidas de carga que deba vencer el fluido caloportador a su paso por todo el sistema hidráulico, incluidas en el captador, en todo el sistema de tuberías con sus accesorios y en los elementos de regulación.

Además, el CTE establece ciertas normas respecto a las bombas:

- “Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito”.
- “Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal”.
- “En instalaciones superiores a 50 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario, funcionando estas de forma alternativa”.
- “Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado”.
- “Cuando las conexiones de los captadores son en paralelo, el caudal nominal total será igual al caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de estos captadores”.
- “La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga”.

- Vasos de expansión

Los vasos de expansión tienen como objetivo absorber las variaciones de volumen del agua contenido en un circuito cerrado (como son el de calefacción y el de agua caliente sanitaria) al variar su temperatura, tratando de mantener la presión entre unos límites, a la vez que trata de reducir las pérdidas de carga que se puedan dar por este efecto. Cuando crece la presión en la instalación debido a la dilatación del fluido caloportador por el aumento de temperatura, el fluido sobrante entra en el vaso.

“Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba. La altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario”, según se lee en la norma HE4 del CTE.

Se pueden distinguir dos tipos de vasos de expansión:

- V.E. abiertos

“Cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación, mediante sistemas tipo flotador o similar”.

- V.E. cerrados

Por un lado, deberán estar dimensionados de forma que, incluso tras un corte en el suministro de potencia a la bomba, justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

Por otro lado, en el caso de que el medio de transferencia de calor se evapore en condiciones de estancamiento, además de dimensionarlo como es usual en sistemas de calefacción cerrados, el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de

transferencia de calor en todos los captadores, incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores, sumando un 10%.

Por último, hablando del aislamiento, éste no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando al exterior solo los elementos estrictamente necesarios, para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

- Accesorios

- Purgas de aire:

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos los puntos de la instalación donde pueda acumularse aire, se colocarán sistemas de extracción de aire constituidos por botellines de desaireación y purgador. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³, aunque podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

“En el caso de utilizar purgadores automáticos, adicionalmente, se colocarán los dispositivos necesarios para la purga manual”.

- Drenaje:

“Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse”.

- Sistema de llenado:

Los circuitos de vaso de expansión cerrado deberán incorporar un sistema de llenado que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. Es muy recomendable un sistema de llenado automático que incluya un depósito de recarga para que nunca se use un fluido

directamente para el circuito primario con una concentración de anticongelante más baja. Este será obligatorio cuando pueda existir riesgo real de heladas.

Nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a deposiciones en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante (el cual deberá permitir el relleno manual) por riesgo de heladas.

Según se explica en el documento HE4, “para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire. Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas”.

– Sistema de energía auxiliar:

Este sistema es empleado con el fin de asegurar la continuidad en el abastecimiento de la energía térmica, y se situará en el circuito secundario, no estando permitido para el circuito primario de la instalación.

Este sistema está diseñado para su uso como si no se dispusiera de la energía principal, la solar. Por ello, solo entrará en funcionamiento cuando sea necesario; y asegurando el máximo aprovechamiento posible de la energía extraída del campo de captación, y no el auxiliar.

Por último, el sistema de aporte de energía auxiliar en línea o con acumulador, siempre dispondrá de un medidor de temperatura (termostato) que, en condiciones normales, permitirá cumplir con la legislación vigente referente a la prevención y control de la legionelosis, problema serio y para tener en cuenta.

– Sistema de control:

Los sensores de temperatura se colocarán de forma que aseguren un contacto perfecto con la parte en la cual hay que medir la temperatura (y bien aislados de condiciones externas), y en el caso de las de inmersión, se hará a contracorriente con el fluido.

Las sondas deben colocarse de forma que midan exactamente las temperaturas que se desean, instalando sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías alejadas. Estas sondas serán de inmersión.

“Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica”.

– Fluido caloportador:

Con él se llena el circuito primario de la instalación, y sus características dependen del tipo de captador, que vienen especificadas en la ficha técnica del producto.

Para captadores solares planos con absorbedores de acero inoxidable, como en este caso, se emplea agua desmineralizada, a la cual se le añaden anticorrosivos y anticongelantes al 30% del volumen para evitar el problema de congelación.

Esta mezcla de agua y anticongelante aguanta hasta -10°C en estado líquido. Sus características y su efecto anticongelante junto con el sistema de regulación, que activa la bomba si detecta una temperatura muy baja, son las medidas empleadas para garantizar que el anticongelante funcione correctamente.

1.10. SISTEMA DE INTERCAMBIO

El intercambio de calor consiste en traspaso de energía que se da entre dos cuerpos o sustancias/fluidos en contacto a diferentes temperaturas. Se llamará transmisión de calor, precisamente, a este fenómeno.

Desarrollando esta idea, para que exista dicha transmisión de calor, consistente en la absorción de energía por parte de una sustancia mientras otra sustancia es la que la cede, es requisito que estas se encuentren a distintas temperaturas. De esta forma, se da la pérdida de energía por parte del cuerpo de mayor temperatura hacia el de menor temperatura con el fin de equilibrarlas calentando al cuerpo frío mientras se enfría el cuerpo caliente.

Todo esto tiene base en los principios fundamentales de la termodinámica. El primero establece la búsqueda del equilibrio, obligando a que la liberación de energía por parte de una sustancia debe ser absorbida por la otra; y el segundo establece que dicho intercambio de calor se dará siempre desde el cuerpo caliente hacia el cuerpo frío, como ya se ha mencionado.

De este modo, el intercambio de calor es un punto fundamental en la operación y funcionamiento de los captadores solares, de cara a la producción de agua caliente sanitaria y calefacción.

En cuanto a los mecanismos de intercambio de calor, se tienen tres métodos:

- Transmisión de calor por conducción

Este mecanismo se basa en la transferencia de calor desde una masa de temperatura más elevada a otra masa (ambos sólidos) con menor temperatura mediante contacto directo. El coeficiente de conducción es el exponente de la capacidad para conducir el calor que tienen los sólidos.

- Transmisión de calor por convección

Este mecanismo está basado en la transferencia de calor entre un fluido y una masa (sólido) también a distintas temperaturas. Esta transmisión de calor puede darse de forma natural (por la variación de temperatura o corrientes de aire) o mediante convección forzada.

- Transmisión de calor por radiación

Este mecanismo funciona de forma que el intercambio entre cuerpos se produce, sin necesidad de tener un medio material, mediante la absorción y emisión de energía por radiación electromagnética. De hecho, la energía obtenida del Sol se da precisamente por radiación únicamente.

1.10.1. **Funcionamiento y propiedades intercambiador de calor**

El intercambiador de calor es el componente encargado de la transferencia de calor entre dos fluidos distintos, ya sea mediante contacto directo o indirecto. Son esenciales para sistemas de calefacción, refrigeración, aire acondicionado, producción energética o climatización en general...

En cuanto a su funcionamiento, las dos corrientes de fluido se mueven paralelamente, de modo que la corriente fría se calienta hasta que alcanza la temperatura de la corriente caliente que sale; aunque pueda ser al revés como funcione, enfriándose la corriente caliente hasta llegar a la temperatura de la corriente fría que sale. El intercambiador deberá resistir a la presión máxima de trabajo de la instalación y la temperatura máxima del circuito primario, siendo compatible con el fluido de trabajo (agua con anticongelante). Esto se conseguirá empleando los materiales correctos, que serán cobre o acero inoxidable.

1.10.2. Tipos de intercambiadores de calor

La clasificación que se expresa de los intercambiadores es dos tipos, según si el intercambiador se encuentra integrado o no dentro del almacenador o los elementos de almacenaje. Así, se tienen:

- Sistemas de intercambio internos

Estos serán los de serpentín, de doble envolvente, de haz tubular... En pequeñas instalaciones, con un tamaño de acumulador de menor capacidad (menos de 1000 litros), el intercambiador suele ser interno (interacumulador). Con ello se conseguirá un diseño simple, con mejor rendimiento en el intercambio, porque la menor convección que se da en el circuito secundario es compensada por las menores pérdidas térmicas hacia el exterior.

- Sistemas de intercambio externos

Estos serán, mayormente, los intercambiadores de placas. En instalaciones mayores, con una capacidad del acumulador superior a los 1000 litros, se optará por este tipo de intercambiadores externos.

Estos intercambiadores se basan en la separación el sistema de almacenaje y el intercambiador de calor, al contrario que en los sistemas internos. Esto supone que sea necesario colocar bombas de circulación impulsando el fluido entre los circuitos primario y secundario. Pero también supone ciertas ventajas, como las siguientes:

- Un mayor rendimiento debido a la circulación forzada de fluido que se da en el circuito secundario, ya que aumenta la capacidad de transferencia de calor por convección.
- Además, estos intercambiadores son más fáciles de desmontar, lo que favorece las tareas de mantenimiento y limpieza, que es un punto importante.

- Al tratarse de un intercambiador de placas, se tendrá mayor superficie de intercambio, lo que supone que la potencia de intercambio sea superior.

Además, hay unos criterios en el Código Técnico de la Edificación, que se refieren al intercambiador externo o “de placas”:

- Los caudales máxicos en los circuitos primario y secundario para los que esté diseñado el intercambiador deben ser prácticamente iguales.
- Se recomienda un rendimiento del intercambiador superior al 70%.
- La potencia mínima que debe proporcionar el intercambiador, entendida como la energía que es capaz de transferir por unidad de tiempo, debe ser de 500 W/m² de superficie de captador. Usualmente, resulta recomendable sobredimensionar en potencia el intercambiador.

En cuanto a los sistemas de intercambio internos, se podrá hablar de:

- Intercambiadores de serpentín

Están formados por un tubo en espiral y se encuentra sumergido en la parte inferior del acumulador (ya que en los internos el intercambiador se encuentra en el acumulador). Entonces, el fluido del circuito primario circula por el serpentín, cediendo su calor al agua del acumulador.

Este serpentín consiste en un rollo de tubería sumergido dentro del depósito acumulador, a través del que circula el fluido caloportador del circuito primario. Desde las paredes de esta tubería se transmite la potencia térmica al circuito secundario.

Deben tener una capacidad inferior de hasta los 1000 litros, pero tienen una baja superficie de intercambio, lo que supone un rendimiento del intercambiador bueno, pero no excelente.

- Intercambiadores de doble envolvente

En este tipo de intercambiadores, el circuito secundario se encuentra envuelto por el circuito primario, de forma que el intercambio de calor se da directamente en su superficie de contacto en el interior del acumulador.

En instalaciones de baja temperatura presenta mejor rendimiento que el de serpentín, dado en gran parte por la gran superficie de contacto que presentan. Por otro lado, tienen mayores pérdidas de carga y requieren de una bomba de circulación para cada circuito.

Por otro lado, existe una disposición mixta que consiste en la combinación de un equipo de doble envolvente con un serpentín. Este serpentín será el elemento encargado de la transferencia de calor desde el sistema de apoyo. Estos sistemas de intercambio mixtos favorecen la circulación en el primario y facilitan su uso en la instalación solar térmica.

Por el otro lado, están los intercambiadores de calor externos, entre los que destacan los más relevantes de todos:

- Intercambiadores de placas.

Este tipo de intercambiadores es el más utilizado, debido a que aporta una serie de ventajas relevantes frente al resto. Son intercambiadores fabricados con materiales de calidad, en los que la superficie de separación entre los fluidos es una pared plana. Tienen una estructura compacta, que supone un ahorro de espacio y facilidad de mantenimiento. Son los de mayor eficiencia y rendimiento térmico.

La división más importante en este tipo de intercambiadores es:

- El de placas soldadas, que proporcionan una larga vida útil de servicio y pueden soportar muy altas temperaturas y presiones. Proporcionan una transmisión de calor eficiente con tamaño reducido, y por ello se usan para potencias menores.
- El de juntas, que tienen un diseño flexible, con facilidad para reparación y mantenimiento. Entre las placas se colocan juntas de nitrilo con el fin de conseguir la estanqueidad buscada.

1.11. SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN

Así como todos los componentes explicados anteriormente son esenciales para el correcto funcionamiento de la instalación, el sistema de control y regulación es el encargado de la tarea que determinará la eficiencia de un captador y la perfecta coordinación entre las partes y el control de maniobras a realizar por cada componente.

Una instalación que no realice correctamente las funciones para las que está diseñada, con capacidad para responder ante cambios y corregirse automáticamente, nunca dará los resultados energéticos esperados y deseados.

En cuanto al estudio del sistema de control y regulación, existen ciertas cuestiones como qué hacer con el exceso de calor que presentan las instalaciones solares en parada, tema para tener en cuenta para el control del sistema. Para ello hay un sistema de control encargado de controlar los flujos de energía entre los distintos componentes principales: captador, acumulador, consumo... de cara a funcionar de forma óptima en todo momento. Así se tendrán dos tipos de control:

- Control a la carga:

Se encarga de asegurar un correcto funcionamiento a la hora de la absorción y transformación de la radiación solar en energía térmica y su transporte al sistema de almacenamiento. Además, regula los estados de arranque y parada de la instalación por las causas que sean.

- Control a la descarga:

Se encarga de asegurar el correcto envío o trasvase de la energía térmica desde el acumulador al sistema final de consumo del cliente.

1.12. SISTEMA DE ACUMULACIÓN

En una instalación solar térmica, nunca se podrá conseguir tener a disposición una producción instantánea buscada de cara a satisfacer las necesidades instantáneas, tal y como se necesitaban y en el momento exacto.

Debido a la imprevisibilidad y la complicada predicción de los fenómenos meteorológicos, e incluso debido a la gran variación que sufre el clima de unos años a otros, se requerirá de un sistema que pueda almacenar la energía que se obtenga en los períodos de mayor irradiación solar (meses de verano). De esta forma, en los momentos de menor irradiación (meses de invierno) se podrá emplear esta energía almacenada y satisfacer las necesidades instantáneas en todo momento, sin necesidad de dependencia del clima en ese momento.

A continuación, se mencionarán las generalidades más importantes de los sistemas de acumulación de energía solar:

- El sistema se debe concebir en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia de los captadores solares, por lo que se debe

prever una acumulación acorde con la demanda al no ir simultánea con la generación de energía.

- El sistema de acumulación estará formado por un solo depósito, con una configuración vertical y estará ubicado en zonas interiores. El volumen de acumulación podrá dividirse en dos o más depósitos, que se conectarán en paralelo con los circuitos primario y secundario o en serie invertida en el circuito de consumo.
- Los acumuladores de los sistemas grandes (con un volumen mayor de 2 m³) deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas para cortar flujos no intencionados al exterior del depósito en caso de daños.
- La conexión en los acumuladores permitirá su desconexión individual sin interrupciones en el funcionamiento de la instalación.

1.12.1. Tipos de acumuladores según intercambio

Luego, se hablará de los tipos de acumuladores que hay en función de ciertas variaciones:

1.12.2. Acumuladores de circuito abierto

Estos tienen el objetivo único de almacenar el agua, que se calentará en otro acumulador posterior dispuesto en serie, o mediante un intercambiador, que es lo más habitual, y generalmente el de placas.

En este caso, en que el intercambiador se sitúa en el exterior del acumulador, el rendimiento será menor que en el caso de situarse como un intercambiador interior. Es por ello por lo que, en ese sentido, no serían muy recomendables.

Pero, aun así, para acumuladores grandes donde se sobrepasen los 1000 litros ya mencionados previamente, resultarán más económicos los acumuladores destinados solamente a la acumulación que los acumuladores con intercambiador en su interior.

1.12.3. **Acumuladores de intercambio simple**

Estos son acumuladores muy empleados para agua caliente sanitaria si los requisitos de acumulación no son muy altos (menos de 1000 litros de capacidad).

Como quedó mencionado previamente, los interacumuladores, en lo que al intercambio de calor se refiere, pueden ser de serpentín o de doble envolvente. De este modo, en el interior del interacumulador se encontrarán habitualmente modelos de serpentín con configuración vertical, o en otros casos modelos de doble envolvente con configuración horizontal.

Si el modelo empleado es el de serpentín, este facilita un mayor intercambio de calor, ya que está constantemente en contacto directo con toda el agua a calentar. Sin embargo, en los de doble envolvente no se favorece la convección libre del agua, debido al encontrarse el mecanismo de intercambio demasiado lejos del centro del acumulador.

Por otro lado, la estratificación de las temperaturas en el interior de los acumuladores en los de doble envolvente es mucho mayor que en los de serpentín, lo que supone que se pierda capacidad de control sobre la temperatura de salida en el agua caliente sanitaria. Además, los de doble envolvente requieren de un contenido de agua en el primario mucho mayor que en los de serpentín, siendo necesaria una cantidad muy elevada de energía de una fuente externa para calentar y mantener caliente el agua.

Por último, en cuanto a la comparación de estos mecanismos de intercambio interior, las dimensiones del interacumulador de doble envolvente son un 25%

mayores que las de un interacumulador de serpentín. Esta relación es debida a la gran cantidad de agua necesaria en el primario del de doble envolvente, ya que en la comparación el contenido del acumulador sería exactamente el mismo.

1.12.4. **Acumuladores de intercambio doble**

Este tipo de interacumulador posee en su interior dos sistemas de intercambio, que suelen ser dos serpentines verticales con sus respectivas fuentes de calor independientes.

Habitualmente, las instalaciones solares térmicas no suelen cubrir el 100% de la demanda térmica de una vivienda. Por ello, resulta habitual este mecanismo para estas instalaciones que no son muy grandes. De este modo, al contar con doble sistema de intercambio de calor, un serpentín se alimentará con el fluido caloportador que circula por el captador, y el otro se alimentará con la ayuda del sistema auxiliar de energía de apoyo, que será una caldera como generador de calor.

De esta forma, el espacio ocupado se reduce en gran parte, y su rendimiento se optimiza mayormente. No obstante, existen otras configuraciones posibles como la doble envolvente de forma horizontal con un serpentín auxiliar, o mediante el uso de una resistencia eléctrica.

Por otro lado, así como se tienen interacumuladores de simple y doble intercambio, también se pueden encontrar equipos con triple intercambio, mediante tres serpentines, siendo el tercero encargado de interactuar con un sistema de suelo radiante; o con dos serpentines y un sistema de resistencia eléctrica...

Por otro lado, si se tiene que calcular la potencia de un intercambiador interno se deberá tener en cuenta ciertas propiedades del fluido como su temperatura máxima y mínima; y otras características, como es la superficie de intercambio. Además, hay

una cierta relación entre esta superficie útil de intercambio y la superficie total resultante de la suma de todos los captadores de la instalación, no pudiendo ser esta relación menor de 0,15 y siendo recomendable mayor de 0,20.

1.12.5. Tipos de acumulador según materiales

Por otro lado, existe otro tipo de clasificación y diferenciación entre los distintos acumuladores, que es en función del material del que están hechos. Estos acumuladores deben estar recubiertos con aislante y debe tener formas de protección como láminas plásticas o chapa pintada. Según el CTE, se pueden encontrar legalmente acumuladores con los siguientes materiales:

- Acero vitrificado con protección catódica.

Los acumuladores vitrificados son de acero y, en la parte interna de éste, sobre la superficie de acero, se aplica una capa de esmalte vítreo, que ejerce de protección del cátodo.

Este tratamiento en concreto tiene alguna gran ventaja, ya que ejerce un gran impedimento al desarrollo de hongos y bacterias, lo que favorece la buena calidad del agua de uso personal y una protección ante corrosión duradera.

- Acero inoxidable que soporte la temperatura máxima previsible y sirva de suministro de agua potable.

Los acumuladores de acero inoxidable para ACS pueden tener muy buen comportamiento frente a corrosión o pueden sufrir importantes problemas. Sus principales fabricantes son “Lapesa” y “Mecalia”.

En cuanto a la gran ventaja de este tipo de acumulador, es su buen comportamiento ante la corrosión para aguas con bajo contenido en carbono.

Sin embargo, también se encuentra alguna importante desventaja, como su elevado precio o que es bastante habitual que sufran ataques de corrosión y sufra de oxidación, pese a la previa concepción de que no ocurrirá.

Esto ocurre porque el tratamiento antilegionella requiere de elevadas temperaturas, lo que conlleva que, si el agua contiene cloruros, se produzcan ataques de corrosión. De este modo, se puede comprobar que lo indicativo del buen comportamiento del acero inoxidable en un acumulador es el tipo de agua que va a contener en su interior.

- Acero con tratamiento que asegure resistencia a temperatura y corrosión mediante sistema de protección catódica.
- Acero negro, en circuitos cerrados independientes del agua de consumo.

Este acero, necesita de protección frente a la corrosión mediante pintura tipo epoxi vitrificado, con ánodo de magnesio (mediante protección catódica con ánodo de sacrificio), o galvanizado en caliente, lo que marca una temperatura máxima admisible de 65 grados centígrados. De todos los mencionados, el acero inoxidable es el ideal, pero económicamente no tan bueno, por lo que el primer mencionado, el acero vitrificado es comúnmente más empleado que el inoxidable.

1.12.6. Criterio de selección del acumulador

Para la selección del acumulador más apropiado para una instalación solar térmica, habrá que tener en cuenta varios factores en lo referido al sistema de intercambio del acumulador, que se pueden citar:

- Se intentará, cuando sea posible, utilizar equipos con interacumuladores, de forma que el intercambiador de calor se encuentre situado en el interior del acumulador, ya sea de serpentín o de doble envolvente, que son las dos formas empleadas en el caso de interacumuladores. De este modo, siempre lo

ideal será encontrar un acumulador interior de serpentín (que aporta mayor rendimiento), que, estando bien dimensionado, sea capaz de proporcionar el caudal máximo necesario, con un tiempo breve de recuperación, de forma que se obtenga un rendimiento esperado.

- En el caso de que la instalación solar cuente con un sistema de energía auxiliar que funcione como sistema de apoyo, se buscará utilizar los acumuladores de intercambio doble (como explicado previamente), donde habrá dos sistemas de transmisión de calor, que generalmente serán de doble serpentín. Estos permitirán una transmisión de calor óptima para toda la instalación.
- En cuanto al sistema de intercambio que recibe la energía del sistema de aporte de energía auxiliar, se intentará que cuente con un intercambiador integrado, lo cual proporcionará una menor inercia de la instalación y una mayor eficiencia o rendimiento.

Otro punto para tener en cuenta para la selección del acumulador es el material del que está hecho, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Como se mencionó previamente, el acero vitrificado es el material más recomendable para los acumuladores que se emplean para aplicaciones que requieran de pequeño tamaño. Este volumen incluiría aproximadamente 500 litros de capacidad de acumulación, que se pueden enlazar en batería de acumuladores (máximo tres), sumando un total de 1.500 litros de capacidad.
- Para acumuladores de menor capacidad se seguirá empleando el acero vitrificado por razones de calidad, y para aplicaciones que requieran de mayores capacidades, se empleará el acero inoxidable como material de los equipos de acumulación.
- Pero, este acero inoxidable se empleará si los niveles de calidad del agua en la zona y el contenido en cloruros es bajo (como se comentó anteriormente), ya que en caso contrario habrá problemas de oxidación-corrosión que se deberá evitar por temas de rendimiento.

Para concluir, se hace hincapié en la mejora de la circulación de agua en el interior del acumulador. Es un punto que se desea mejorar, y se favorecerá con equipos de acumulación verticales, independientemente del tamaño de éste.

1.13. APLICACIONES DE EMPLEO

En este apartado, se comentará e incidirá en las aplicaciones que se puede dar a la tecnología de la instalación solar térmica, explicando cómo llevarlo a cabo y explicando las funciones de cada una de las partes que componen este sistema.

Se empleará la tecnología para ACS y calefacción por suelo radiante, como se verá en los siguientes subapartados.

1.13.1. Agua caliente sanitaria (A.C.S.)

Actualmente, el agua caliente sanitaria es uno de los principales medios de consumo de la energía en las viviendas y edificios, junto a la calefacción. Por ello, resulta importante un correcto estudio del ACS y el conocimiento total de las características que deberá tener en la instalación, de cara a escoger el método de producción que más se ajusta a lo que se busca.

Este método, tras muchos años de estudio y aplicación, es la energía solar térmica. Hoy en día, tras muchos estudios y pruebas, supone una opción muy interesante para su producción total o casi total. Entre los puntos fuertes de la tecnología solar de cara a la producción de ACS se encuentran las temperaturas.

La producción de agua caliente sanitaria se da para unas temperaturas de 55°C – 60°C para asegurar una producción suficiente de agua almacenada para cuando sea requerida. Sin embargo, las temperaturas de consumo estarán entre 40°C y 50°C,

que coinciden con las temperaturas óptimas de funcionamiento de los captadores solares. A estas temperaturas tendrán un mayor rendimiento y funcionarán de la mejor forma posible.

Además, el agua caliente sanitaria es una necesidad para todos los días del año, de modo que debe cubrirse esta necesidad de forma continua y sin interrupciones. Para ello, la energía solar térmica encuentra el ACS como una de sus mejores aplicaciones ya que será mucho más rentable en este caso, que trabajará durante todo el año, que en otras aplicaciones que trabajan durante un semestre y se desaprovechan durante el otro, como es el caso de la calefacción.

Como se comenta, con la energía solar térmica se puede cubrir la producción total o casi total de agua caliente sanitaria de todo el año. En concreto, la totalidad en verano; y más de la mitad en invierno, pudiendo llegar al 80% de la demanda e incluso más en zonas muy calurosas como el centro-sur del país.

Todos estos datos no son solo para el suministro de ACS de una vivienda unifamiliar, sino que se ha desarrollado hasta tal punto que también puede suponer casi la totalidad del suministro de agua en viviendas en altura, edificios de unos cuantos pisos, hoteles e incluso comercios de grandes superficies.

De esta forma, se ha convertido en la mayor aplicación de la energía solar térmica en todo el mundo, y sobre su aplicación junto con la de calefacción por suelo radiante, en la que también participa la energía solar, versará este proyecto.

1.13.2. Calefacción mediante suelo radiante

En este apartado se tratará de explicar la otra parte del proyecto, un sistema de calefacción llevado a cabo mediante el sistema de suelo radiante, hablando de su principio de funcionamiento, ventajas, inconvenientes y sus partes diferenciables.

1.13.2.1. Funcionamiento

Estos sistemas de suelo radiante funcionan mediante una red de tuberías plásticas subterránea, que va instalada bajo un pavimento y una capa de mortero de cemento. Por estas tuberías circula el agua caliente y el agua fría (en el presente caso solo caliente), y ocupan toda la superficie de modo que esta agua caliente o enfría el ambiente de la sala mediante radiación desde su suelo.

En este proyecto, que es de calefacción solamente, habrá un gradiente de temperatura vertical que hará que la temperatura en los pies sea mayor que a la altura de la cabeza, punto importante para la sensación de confort buscada.

Este sistema de suelo radiante lleva años empleándose, pero no es tan frecuente su empleo y no está tan asimilado como lo está el sistema de radiadores de pared, que se encuentra prácticamente en todos los hogares del país por defecto. Sin embargo, es un sistema de futuro, poco a poco se está desarrollando y aplicando cada vez más, ya que tiene una serie de ventajas. Pero, como todo, también tiene ciertas desventajas o puntos en contra, y de eso se hablará en el siguiente apartado. Siempre hay que realizar un estudio o comparación entre los distintos sistemas, y es necesario justificar por qué se escoge esta opción de entre todas.

1.13.2.2. Ventajas e inconvenientes del sistema

En cuanto a la serie de ventajas que presenta el suelo radiante, se pueden citar:

- Rendimiento.

Este sistema funciona a temperaturas de hasta 45°C, que son también las temperaturas a las que se saca un máximo rendimiento a los captadores solares. Además, se requerirá de muy poca energía para calentar el agua que fluirá por las tuberías de suelo radiante, debido a que la sección de éstas es

muy pequeña y, por tanto, también lo es el caudal que circula por él. Por todo esto, el sistema resultará eficiente, de buen rendimiento.

- Consumo.

Debido a las temperaturas en las que funciona el sistema de suelo radiante (consideradas “de baja temperatura”), que son muy inferiores a las que emplean los sistemas tradicionales, se consiguen buenos ahorros energéticos y por tanto económicos mediante la combinación del suelo radiante con energía solar térmica (también con aerotermia, geotermia o calderas de baja temperatura).

Por ello, se consigue un consumo energético entre un 10 y un 20 por ciento inferior al que se obtendría empleando los sistemas de calefacción convencionales, lo cual supone un ahorro bastante importante.

- Energías renovables.

Al no requerir este sistema de unas temperaturas de impulsión muy elevadas, no pasando de los 45°C, se emplearán fuentes de energía renovables, como en el presente caso con la solar térmica, debido a que no hay tanta exigencia de energía. Esto lo hace mucho más respetuoso con el medio ambiente, punto que actualmente es de verdadero interés.

- Calefacción invisible.

La calefacción de este sistema se sitúa tras paredes, techos o suelos (en el caso a tratar suelo radiante), de modo que toda la instalación se encuentra oculta, dejando todo el espacio interior de la vivienda libre para el diseño de interiores. Solo habrá que tener en consideración el cuadro de colectores, donde se controlarán los caudales de las estancias; pero no habrá calefactores a la vista, lo cual elimina el riesgo de golpearse y de quemarse al tocarlos por las elevadas temperaturas que maneja.

- Confort térmico.

La sensación de confort térmico, según estudios, se basa en que haya una diferencia de temperatura de unos pocos grados centígrados entre los pies y la cabeza, siendo ligeramente superior la temperatura cercana al suelo, donde está la fuente de calor.

Además, al ocupar todo el suelo la instalación, el calor está muy bien repartido por toda la superficie, y toda la vivienda queda climatizada muy uniformemente.

También, al no haber corrientes de aire se reduce el polvo y la sequedad y la baja humedad evita la aparición de ácaros. Ahora se ve una comparativa de los sistemas de calefacción que se emplean, viendo la curva ideal del gradiente de temperatura vertical de suelo a techo comparada:



Ilustración 31. Gradientes verticales según tecnología

Por otro lado, se debe hablar de ciertos inconvenientes que presenta la calefacción por suelo radiante que, por poca relevancia que tengan frente a sus ventajas, hay que tenerlas en cuenta. Se pueden citar las siguientes:

- Precio.

El precio de la instalación depende del tamaño de la superficie que se va a calefactar. Su coste está a 50 euros por metro cuadrado, lo que significaría para una vivienda normal como la que se trata de aproximadamente 100 m², un coste total de instalación de unos 5000 € – 6000 €. No obstante, lo que se

busca eligiendo esta opción es mirar a largo plazo, ya que pasados unos años será más rentable que otra alternativa de inversión inicial inferior.

- Conocimientos técnicos.

El sistema de suelo radiante requiere de ciertos conocimientos debido a la complejidad del mantenimiento de su instalación, y esto requiere de un equipo cualificado de profesionales que se encargue de ello.

- Novedad.

Uno de los factores que tiene en contra el sistema de suelo radiante es el escepticismo que tienen las personas y las empresas de cara a apostar por este tipo de tecnología. Es un sistema estudiado y ya probado, pero no está consolidado aún, siendo más común la instalación de radiadores de pared. La gente no ha visto ni probado esta tecnología, y raro es el caso en que tienen forma de probar su funcionamiento, de modo que resulta ser un salto de fe para el cliente y las empresas, y no todas están dispuestas a darlo.

- Sistema de inercia.

Estos sistemas tienen gran inercia térmica, ya que tratan de calentar toda la masa de aire que se está sobre la superficie. De este modo, resulta una buena alternativa si se va a emplear de forma continuada. Sin embargo, si se piensa encender y apagar a diario (o con frecuencia), resultará poco ventajosa esta opción, ya que es sensible a cambios bruscos de temperatura, y ésta se regula lentamente, no es un sistema de respuesta instantánea.

1.13.2.3. Componentes del sistema

- Tubos de plástico.

Estos tubos son de polietileno reticulado mediante radiación de electrones. Las técnicas que se emplean para su fabricación aseguran una uniformidad y regularidad en las dimensiones en lo referente al diámetro y el espesor de las paredes. Además, llevará una barrera que evitará la oxidación y la corrosión de las partes de metal que haya en la instalación.

- Placas de aislamiento.

Esta se encargará del aislamiento térmico de la placa inferior de la instalación (bajo el mortero de cemento), y la amortiguación de los ruidos del choque. También se encargará del soporte y de la guía para los tubos de instalación. Habrá unos tacos en esta placa que servirán de guía para la sujeción de los tubos a la placa, pudiendo tener diferentes distancias de separación. Es una parte muy importante de cara a minimizar las pérdidas térmicas y maximizar en lo posible la eficiencia de la instalación.



Ilustración 32. Placas de aislamiento del suelo radiante

- Grapas de fijación.

Estas se emplearán con el fin de mantener el tubo sujeto a las placas explicadas arriba. Estas grapas son autoperforantes y se clavan sobre los tacos en los giros de tubo, para asegurar que éstos queden sujetos siempre.



Ilustración 33. Grapas de fijación del suelo radiante

- Aislamiento periférico.

Se empleará tiras rígidas de polietileno expandido para separar mecánica y fónicamente la placa del suelo radiante de las paredes y tabiques.

- Colectores de distribución.

Estos colectores son el inicio y el fin de cada circuito de tubos de polietileno que transportan el fluido caloportador. En este conjunto de colectores, se tendrá para cada circuito un colector de ida y otro de retorno, de modo que habrá llaves de reglaje (válvulas) para todos ellos.

En estas llaves, el circuito de retorno se une a la llave mediante un detentor, donde se podrá regular la cantidad de caudal que se moverá por cada circuito. En caso de haber algún problema, pueden ir equipados con una válvula de corte que deriva en un sistema de vaciado del tubo.

Este conjunto de colectores irá fijado a la pared, o bien en un armario especial dedicado a ello, con soportes de metal, e instalados mínimo a medio metro de altura respecto del suelo. El conjunto de colectores puede verse así:

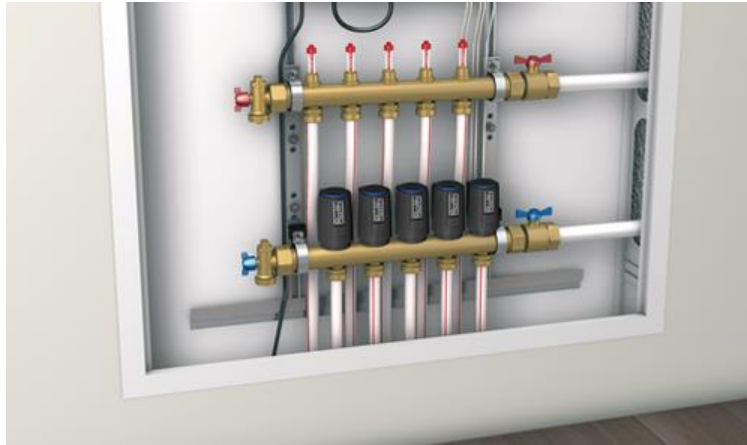


Ilustración 34. Colectores de distribución

- Regulación de temperatura.

Existe una relación muy importante entre las temperaturas del agua, del exterior y del ambiente interior. Por ello un cambio en la temperatura del agua que circula por los tubos supondría un cambio también en la cantidad de emisión de calor.

Entonces, la clave para la regulación de la temperatura consiste en mantener la temperatura del agua según la temperatura exterior para que se mantenga constante la temperatura del ambiente interior. Para ello, se emplea la regulación automática mediante una válvula motorizada que envía datos de un sensor interior, otro exterior y otro en el agua de la instalación.

- Sistema de seguridad.

Este sistema está relacionado con el sistema de regulación, ya que controla posibles errores y averías que puedan ocurrir en este sistema. De este modo, para la calefacción, debe cortar la circulación del agua de los tubos si la temperatura que marcan las sondas de temperatura marca más de 60 grados centígrados. Este medidor será un termostato situado en las tuberías, y detendrá el envío de la bomba en esta situación límite.

1.13.2.4. Requisitos y proceso de instalación

- Colector.

En cuanto a los colectores, estos se deben montar e instalar en la caja empotrada de la pared, y seguidamente se deben conexionar a las tuberías a los detentores del colector mediante adaptadores según su diámetro de tubería. Los curvatubos son útiles para facilitar el acceso a su conexión.



Ilustración 35. Curvatubos

- Tuberías en circuito.

La configuración de las tuberías en un circuito debe hacerse teniendo la ida y el retorno del circuito juntas, para mantener lo más constante posible la temperatura del suelo. De esta forma la configuración recomendada es la de serpentín o espiral.

Por otro lado, se debe mantener el paso de tubo y la forma constante a lo largo de toda la instalación; y en las curvas hay que tener cuidado de no "pinzar" los tubos, porque se podría disminuir la sección en algún punto de ésta, pudiendo causar algún problema técnico.

Otras normas para tener en cuenta son algunas como no cruzar las tuberías entre sí (deben ser siempre paralelas), realizar el montaje frío (con el sistema desconectado por seguridad); y empezar la obra por el piso de arriba en caso de ser una vivienda de dos pisos como la de estudio. Esto se debe hacer así y

no al revés para no deteriorar la instalación de la planta baja por la frecuencia de paso de los obreros y el personal encargado de llevarla a cabo.

En cuanto a la seguridad y robustez de la instalación, hay que tener en cuenta lo sensible que es el sistema a daños y perforaciones de los tubos, ya que si esto ocurre se deberá sustituir todo el circuito, sin posibilidad de reparación o empalmes en la zona del daño.

- Llenado y prueba de estanqueidad.

Se procederá al llenado con agua de las tuberías circuito a circuito mediante el empleo de las llaves o los detentores del conjunto de colectores. Se irá haciendo individualmente con cada circuito hasta que se ha llenado, momento en que se cierra esa llave y se abre la siguiente para proceder de la misma forma.

Una vez realizado el llenado y purgado del sistema, se procede a realizar la prueba de estanqueidad para poder asegurar que no hay fugas, y la presión a la que se realizará será aproximadamente 2 veces la presión de trabajo de la instalación. Esta presión recomendada será de 6 bares.

- Mortero de cemento.

Tras la colocación de los circuitos de tuberías, se echa el mortero encima de ello, cubriendo toda la superficie que se va a calefactar. La capa de este mortero debe ser de mínimo 4 centímetros por encima de la tubería. De hecho, una capa o losa de mortero de cemento que esté por debajo de este espesor podrá ocasionar grietas y por tanto daños, e incluso podrá dar lugar a que aparezcan zonas más calientes y otras más frías. Esto no es lo que se busca con este sistema, sino la uniformidad de temperatura. Por encima de este espesor de 4 centímetros, sin embargo, aumentaría la inercia térmica del sistema.

En cuanto a la composición de este mortero, se le añade además un aditivo que proporciona un buen agarre y el máximo contacto entre las tuberías de calefacción y la losa de mortero cuando esta ha secado. Esto hace que no haya huecos ni zonas que empeoren la capacidad de transmisión de calor de la instalación. Además, habrá que comprobar que el mortero resultante quede lo más liso posible tras su secado.

- Puesta en servicio.

Una vez realizada la instalación, según dice la norma UNE-EN-1264, se deberá esperar 21 días desde su conclusión, para iniciar el calentamiento del mortero de cemento. Desde este momento, durante unos días (suele ser generalmente 3 días) se calentará a 21 grados y, tras esto, se calentará durante otros 4 días a la temperatura a la que se piensa tener trabajando. Tras estos 28 días, se comenzará el revestimiento final.

- Regulación y mantenimiento.

En este momento se hace el ajuste y equilibrado de caudal para cada uno de los circuitos del sistema y, después sus temperaturas de impulsión. Además, las temperaturas de trabajo vendrán definidas por la norma UNE EN 7730, que para calefacción es de 29 grados, pero para baños y áreas perimetrales está en los 35 grados centígrados.

En cuanto al mantenimiento, se encarga de asegurar que la instalación dure lo máximo posible y de la mejor forma posible, en condiciones de confort térmico y de eficiencia en cuanto a la instalación.

Estas tareas de mantenimiento se encargarán de temas como mantener el estado de la instalación lo mejor posible, ejecutar el sistema de control en todo momento y verificar si se cumplen las condiciones de trabajo deseadas.

1.14. SOLUCIÓN ADOPTADA

En este apartado se tratará de explicar las soluciones adoptadas de cara a realizar esta instalación, en lo referente a los componentes empleados: sistemas de captación, sistemas de intercambio y acumulación, expansión...

1.14.1. Captación

Previamente quedaron mencionados los distintos tipos de sistemas para la captación solar que existen y se aplican actualmente según las necesidades. En el presente caso se utilizarán los captadores solares planos, que son de baja temperatura.

Este proyecto consiste en el aprovechamiento de la energía solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria y de calefacción por sistema de suelo radiante, que son aplicaciones de baja temperatura, de ahí esta elección de captador solar plano sobre el resto.

Por último, en cuanto al sistema de captación, la conexión de los captadores, entre los tres tipos comentados (serie, paralelo, serie-paralelo), se escogerá la conexión en paralelo, que es lo más eficiente energéticamente y lo más recomendable para llevar un control continuado de los consumos energéticos; además de ser también lo aconsejable por los fabricantes para este tipo de proyecto (vivienda unifamiliar).

1.14.2. Circulación

En el sistema a tratar, se empleará el tipo de circulación forzada, frente a la natural mediante termosifón, que en el norte del país se verá perjudicado y sufrirá de grandes pérdidas de calor al exterior debido en invierno por los cambios de temperaturas.

De este modo, al ser forzada, requerirá de bomba de circulación, que mediante el sistema de control y regulación se adecuará a las demandas instantáneas de la instalación solar térmica.

1.14.3. **Expansión**

En esta instalación se escogerá emplear un circuito de expansión cerrado junto a un vaso de expansión, y las razones para hacerlo son estas:

- No se requieren rebosaderos ni circuito de purga.
- Como el circuito es cerrado, queda aislado del exterior, lo que significa que no habrá pérdidas de agua por rebosado ni evaporación y no será necesario su rellenado periódico.
- Al estar aislado, también se evita la entrada de agua nueva que cause deposiciones y, a largo plazo, se pueda taponar. También, por el mismo motivo no entrará el aire, evitando su posible oxidación.

Por estos motivos, no es aconsejable emplear el circuito de expansión abierto en cualquier circunstancia, independientemente incluso de la relación entre la temperatura media final y la prevista.

1.14.4. **Intercambio de calor**

El sistema intercambiador de calor que se elegirá para la instalación será en primer lugar de contacto indirecto, ya que según se comentó en apartados anteriores, actualmente no se permite el uso de intercambiadores de contacto directo.

De esta forma, se tendrá un circuito primario en que el fluido caloportador es el que pasa por el captador recibiendo la energía de la radiación incidente; y un circuito secundario, que será el que transporte el agua de consumo. El trasvase de energía del primario al secundario se dará por medio del intercambiador de calor.

Además, el empleo del sistema de intercambio indirecto sirve también para evitar la aparición de ciertos agentes nocivos que pueden darse a causa de la corrosión y oxidación, como son incrustaciones de depósitos calcáreos (compuestos de calcio).

1.14.5. **Acumulación**

En cuanto al sistema de acumulación de esta instalación se empleará un acumulador más alto que ancho, ya que, para su elección, es preferible que tenga altura de cara a favorecer la estratificación del agua que, como se dijo, mejora el rendimiento del proceso de acumulación, y sin coste añadido.

En el interior del interacumulador, se tendrá un intercambiador de intercambio simple, y se escogerá el de serpentín en configuración vertical de cara a la transmisión del calor entre circuitos primario – secundario. El acumulador y el serpentín intercambiador de calor serán de acero esmaltado con ánodos de magnesio.

1.14.6. **Integración del sistema de energía auxiliar**

Este sistema de acumulación se conectará en serie con la caldera con una válvula de tres o cuatro vías. Así, cuando el agua tenga una temperatura inferior a la mínima necesaria para las aplicaciones de consumo de la vivienda, la válvula alternará su posición para que el agua que procede del acumulador entre a la caldera directamente y ya con cierta temperatura, lo cual permitirá que se ahorre en la compra de un acumulador extra, que no será necesario.

1.14.7. Regulación y control

Este sistema deberá tener como ya se dijo previamente, un sistema de regulación y un sistema de control, encargado de controlar que todo el funcionamiento del sistema actúe correctamente y no se cometan errores. Para ello habrá sondas y sensores en distintos puntos clave del circuito, que se encargarán de la medición de temperaturas y presiones en estos puntos. Estos valores, mediante la programación del sistema de control, serán comparados con los valores medios previstos, y si ocurre alguna anomalía y son diferentes a lo esperado, actuará sobre la bomba de circulación, sobre el presostato/termostato, y sobre la válvula para abrirla si la temperatura del agua de consumo es demasiado baja.

1.15. TRATAMIENTO FRENTE A LA LEGIONELA

1.15.1. Qué es la legionela

En primer lugar, hay que explicar qué es la legionela. La legionela es una bacteria que es natural de ambientes de agua fresca, como los lagos y los arroyos, es decir, de zonas húmedas con temperaturas medias y bajas.

El punto negativo de estas bacterias y motivo por el que puede ser un factor preocupante para esta instalación es que, cuando se multiplica y propaga en los sistemas no naturales de agua de viviendas o edificios, puede filtrarse y contaminar a las personas y resultar en problemas de salud. Esta es una bacteria presente en el agua caliente sanitaria, concentrándose en cabezales de ducha y grifos en lavabos, sobre todo.

En los sistemas de agua caliente sanitaria, se tendrá una temperatura de almacenamiento alrededor de los 60°C, aunque de cara a la prevención ante la aparición y la proliferación de la legionela, se deberá llegar a los 70°C de forma

periódica (al menos una vez al año), para conseguir eliminar esta bacteria, que no sobrevive a temperaturas tan altas. De modo que, en este tipo de aplicaciones de energía solar para producir ACS debe cumplir que cada punto del circuito de agua de consumo se pueda elevar a los 60 grados centígrados o más.

Referente a este tratamiento, hay que destacar un método muy habitual para alcanzar los más de 60 grados que requiere para combatir la legionela, en la que el tanque solar combina el uso de energía convencional y su conexión a caldera de combustión. En este caso, se está incumpliendo el CTE por la combinación de energía renovable como es la solar térmica, junto a la caldera de combustión en un mismo sistema acumulador. Por ello, en este proyecto no será empleado; no obstante, está muy extendido su uso.

1.15.2. **Medidas preventivas antilegionela**

Las medidas preventivas se basan en la reducción de zonas sucias en base a un correcto diseño y el buen mantenimiento de las instalaciones. Además, se deberán evitar las condiciones que favorezcan la supervivencia y proliferación de la legionela, mediante el control de la temperatura del agua y su desinfección continua.

Las instalaciones se adecuarán a las reglamentaciones, siempre mediante complemento en base con la norma UNE 100.030 IN. De esta forma, “la utilización de agua que no proceda de una red de distribución pública o privada requerirá la preceptiva concesión administrativa de aprovechamiento del recurso, emitida por la autoridad competente en materia de gestión del dominio público hidráulico”. Esto se realiza de cara a pasar siempre las pruebas necesarias y obtener los permisos pertinentes para el correcto uso de estas aguas, ya que los vertidos que contenga deben siempre cumplir la legislación medioambiental vigente.

1.15.3. Instalaciones de agua de consumo humano

Las medidas que se adoptarán son siempre tanto en fase de diseño como de mantenimiento, para evitar el desarrollo de la legionela. Por ello, se tratará de cuidar los puntos que influyen principalmente sobre su proliferación: temperatura, suciedad y estancamiento.

Según el Real Decreto 865/2003, las medidas establecidas para este caso son:

- Se deben evitar los estancamientos y prever los suficientes puntos de purga que permitan vaciar totalmente las instalaciones si es necesario. Además, todos los equipos deberán ser accesibles.
- En el aporte de agua al sistema se dispondrán filtros según la norma, para partículas comprendidas entre 80 – 150 micrómetros.
- Se usarán materiales capaces de resistir desinfecciones por temperatura, cloro... evitando aquellos que favorezcan la aparición del biofilm.
- Si se usan depósitos de agua fría, éstos tendrán una cubierta impermeable bien ajustada y que permita acceso al interior. Si están en el exterior se aíslan térmicamente.
- El agua de los acumuladores de agua caliente previos al consumo tendrá una temperatura uniforme, y se evitará su enfriamiento en el interior.
- Se emplearán válvulas de retención para evitar que se mezclen contenidos de agua de distintos circuitos.

En cuanto al mantenimiento, existirá la posibilidad de hacer limpieza y desinfección con cloro del ACS, la limpieza con desinfección térmica del ACS, y la limpieza y desinfección de elementos desmontables.

1.15.4. **Alternativas de uso frente a la legionela**

Hay ciertas alternativas para combatir la aparición y desarrollo de la legionela:

- Colocar el acumulador en circuito cerrado. De esta forma, el agua caliente no circula por este tanque solar y desaparece la necesidad de tratamiento ante legionela (recomendado para tratamientos frecuentes).
- Aislar el tanque cada cierto tiempo del circuito de alimentación del agua de red con una válvula de tres vías que desvía la alimentación hacia la caldera sin precalentamiento solar. Entonces, los colectores se encargan de que alcance la temperatura del tratamiento. Aun así, sería preciso contar con una bomba que mezclase el contenido del tanque (recomendado para tratamientos puntuales).
- Aislar puntualmente el tanque solar y el depósito (que recibe el agua precalentada y la energía adicional de la caldera), del circuito de alimentación mediante una válvula de 3 vías que desvía la alimentación de red desde la caldera hasta la entrada de agua de red del depósito. Una vez aislados, los colectores y la caldera se encargan de que se alcance la temperatura de tratamiento. Se empleará además una bomba de recirculación para mezclar los contenidos de los tanques. Este es el procedimiento aconsejado por el Código Técnico de la Edificación.

1.15.5. **Solución adoptada antilegionela**

De estos tipos de alternativas, la opción que será adoptada es en la que no se emplea acumulación solar directamente sobre el suministro, debido a:

En primer lugar, se conseguirá cumplir con las demandas debido a que se da de igual forma el almacenamiento de energía con acumulador que además es de inercia, luego no se almacena agua de consumo. En segundo lugar, al no almacenar agua de consumo, se impide la aparición de legionela es nula. Por último, también se consigue reducir la cantidad de combustible convencional consumido debido a que se utiliza energía renovable, y debido a que no se tendrá la exigencia del R.D. de aumentar la temperatura de los depósitos.

Mediante este sistema, se usa la energía almacenada en los acumuladores de inercia para calentar de forma instantánea el agua de consumo del secundario. Esto se llevará a cabo calentando mediante bombeo y usando un intercambiador, que permitirá controlar instantáneamente la temperatura y el caudal que demanda la instalación, garantizando así el ACS cuando y como se necesite.

ANEJO A: CÁLCULOS

1.16. CUMPLIMIENTO DEL CTE

1.16.1. Descripción del edificio

El edificio de este proyecto es una vivienda unifamiliar de dos plantas con un trastero no habitado. La planta baja consta de 59.37m² y la planta primera de 62.77m². Se tendrá en la planta baja, cocina, baño, salón y vestíbulo de entrada; y en la planta primera habrá 4 dormitorios, siendo uno de ellos el principal.

La entrada a la casa se presenta en la fachada sur, y tiene ventanas en las fachadas de orientación a sur, este y norte; mientras en la parte oeste presenta una medianera de separación con otra vivienda a la que se encuentra adosada.

Por último, dando a la fachada este habrá una escalera interior que comunicará ambas plantas y llevará al distribuidor de la planta primera permitiendo el acceso a los dormitorios, teniendo 4 puertas interiores y una exterior a un balcón en la planta primera, mientras tiene 3 puertas interiores y la de entrada a la vivienda en la baja.

En cuanto a más datos generales, hay que mencionar los componentes de los cerramientos de la vivienda para ya más avanzado desarrollarlos junto a sus características.

La cubierta estará compuesta de los siguientes componentes:

- Teja de cerámica (porcelana) de densidad 2300 kg/m³
- Cámara de aire ventilada de 10 cm
- Poliestireno expandido (XPS) con dióxido de carbono (2 capas de 8 cm)
- Tablero de partículas de 225 kg/m³

En cuanto a la fachada que da a las caras norte, sur y este:

- Mortero de cemento para albañilería de densidad 2100 kg/m^3
- 1 pie de ladrillo perforado
- Cámara de aire sin ventilar de 5cm
- Tabicón de ladrillo hueco doble
- Lana mineral de 8 cm
- Placa de yeso laminado de densidad 825 kg/m^3

Por otro lado, en la medianera de la cara oeste:

- Mortero de áridos ligeros de densidad 900 kg/m^3
- Tabicón de ladrillo hueco doble
- Cámara de aire ventilada de 15 cm
- Lana mineral de 8 cm
- Tabicón de ladrillo hueco doble
- Placa de yeso laminado de densidad 825 kg/m^3

Por último, pero no menos importante, hay que comentar las capas de la solera:

- Madera de conífera ligera
- Mortero de cemento para albañilería de densidad 2100 kg/m^3

- Poliestireno expandido (XPS) con dióxido de carbono de 6 cm
- Polietileno de alta densidad (HDPE) de 2 mm
- Hormigón armado de densidad 2400 kg/m^3 , de espesor 30 cm
- Polietileno de alta densidad (HDPE) de 2 mm
- Caliza de dureza media de 20 cm

En cuanto a los huecos (puertas y ventanas):

- Las puertas tendrán una transmitancia de $2,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- Las ventanas de doble acristalamiento con bajo emisivo, de transmitancia $1,84 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ y un factor solar de 0,44.

1.16.2. Aplicación de opción simplificada del CTE

Existe una opción simplificada en el Código Técnico de la Edificación que se basa en la limitación de los parámetros de cerramientos y particiones de la envolvente, para controlar la demanda energética de la vivienda. Dicho control se realiza comparando que los valores obtenidos mediante cálculos se encuentran dentro de los límites establecidos en el CTE. Esta opción es, al fin y al cabo, más estricta.

Mediante estas comprobaciones, se conseguirá cumplir ciertos objetivos:

- Limitar las condensaciones en el interior de los cerramientos y en las superficies.

- Limitar las pérdidas de energía debidas a las infiltraciones de aire para condiciones normales de uso de la vivienda.
- Limitar la demanda energética estableciendo límites de transmitancia y factor solar de la envolvente térmica.

Para emplear la opción simplificada se deberán cumplir estos dos requisitos:

- La superficie de huecos en cada fachada debe ser inferior al 60% de la superficie. (Se cumple en la vivienda, como se ve abajo)
- La superficie de lucernarios debe ser inferior al 5% de la superficie total de la cubierta. (No existen en esta vivienda)

De modo que se calculan estos porcentajes:

- Fachada NORTE:

Superficie Total = 33,98 m²

Superficie Huecos = 4,8 m²

Porcentaje % huecos = 14,13 %

- Fachada ESTE:

Superficie Total = 39,37 m²

Superficie Huecos = 1,2 m²

Porcentaje % huecos = 3,05 %

- Fachada SUR:

Superficie Total = 29,15 m²

Superficie Huecos = 3,12 m²

Porcentaje % huecos = 10,70 %

1.16.3. Determinación de zona climática según sección HE1

En cuanto a la zona climática en que se encuentra esta vivienda, se hará empleando la tabla B.1. del código en función de la diferencia de altura entre la localidad de la vivienda y la cota de referencia de la capital de provincia.

En el caso presente, al encontrarse en Santander, que ya de por sí es la capital de provincia, la diferencia de cota no existe, de modo que según el apéndice D del documento 'Zonas climáticas' del CTE, Santander, como capital de provincia, se encuentra en la zona C1, como se puede ver en este fragmento de tabla:

Pamplona/Iruña	D1	456		h < 100		h < 300	h < 600	h ≥ 600
Pontevedra	C1	77			h < 350		h ≥ 350	
Salamanca	D2	770				h < 800		h ≥ 800
San Sebastián/Donostia	D1	5					h < 400	h ≥ 400
Santander	C1	1			h < 150		h < 650	h ≥ 650
Segovia	D2	1013				h < 1000		h ≥ 1000
Sevilla	B4	9	h < 200	h ≥ 200				
Soria	E1	984					h < 750	h < 800
Tarragona	B3	1	h < 50		h < 500	h ≥ 500		
Teruel	D2	995			h < 450	h < 500	h < 1000	h ≥ 1000
Toledo	C4	445		h < 500		h ≥ 500		

Ilustración 36. Zona climática de Santander

1.16.4. Clasificación de edificios según el CTE

Los espacios interiores de los edificios se clasifican en espacios habitables y espacios no habitables. Los espacios habitables se clasifican según la cantidad de calor disipada debido a la actividad realizada y al periodo de uso de cada espacio, en las siguientes categorías:

- Con carga interna baja (disipan poco calor). Son los espacios destinados principalmente a residir en ellos, con carácter eventual o permanente.
- Con carga interna alta (disipan gran cantidad de calor). El conjunto de los espacios de ocupación frecuente, y por tanto iluminación, conforma la zona de alta carga interna del edificio.

De cara a la limitación de condensaciones en cerramientos, los espacios habitables tienen un gran nivel de humedad interior. Sin embargo, de acuerdo con la norma EN ISO 13788: 2002 se establecen distintas categorías de higrometría, pero para este proyecto de vivienda unifamiliar se tendrá la siguiente clase:

- Clase de higrometría 3 o inferior: donde no se prevea una alta producción de humedad. Entre ellos se encuentran los espacios de edificios residenciales y las viviendas particulares, no incluyendo piscinas, lavanderías, restaurantes, duchas colectivas, hoteles...

Como se indica en esta clase, los edificios residenciales y las viviendas unifamiliares se encuentran en la clase de higrometría 3.

1.16.5. **Cumplimiento de permeabilidad al aire**

Este parámetro es un indicativo propio de los huecos, lucernarios y puertas presentes en los cerramientos de una vivienda y, se deberán cumplir los valores límite de permeabilidad del aire. Esta se determinará en función del clima de la localidad en que se encuentra.

La permeabilidad al aire de las carpinterías que tendrá la vivienda, ya que se encuentra en la zona C, debe ser inferior a $27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$, punto que concuerda con el grupo o clase de higrometría 3 o inferior.

1.16.6. **Definición de envolvente térmica**

La envolvente térmica de la vivienda estará formada por todos los cerramientos que limitan los espacios habitables del interior con el ambiente exterior: fachadas, cubierta, medianera, solera...

- **Cubiertas.** Son los cerramientos en la parte superior de la vivienda, en contacto con el aire, y que están inclinados menos de 60 grados respecto a la horizontal.
- **Soleras.** Son los cerramientos en la parte inferior de la vivienda, horizontales y en contacto con el terreno o con otros espacios habitables.
- **Fachadas.** Son los cerramientos exteriores de inclinación respecto a la vertical menor de 30° respecto a la horizontal. El ángulo representativo es el que forman la recta normal exterior de la fachada y el norte geográfico.
- **Medianeras.** Son los cerramientos que separan el contacto de la vivienda con otra vivienda o edificio y que conforma la división común entre ambas. Antes de ser una medianera puede ser una fachada a efectos térmicos si aún no existía la vivienda colindante.

Por otro lado, hay que destacar que las estancias no climatizadas se desprecian a efectos de cálculo. En este proyecto, esta estancia será el ático que se emplea de almacén, por eso al no ser habitada y teniendo una frecuencia de entrada mínima, no tiene sentido considerarla, ya que no debe tener las condiciones necesarias para su uso diario como las demás estancias de la vivienda.

En cuanto a las transmitancias y parámetros indicativos de la envolvente, esto se obtendrá de la normativa del CTE:

Tabla E.1. Transmitancia del elemento [W/m² K]

Transmitancia del elemento [W/m² K]	Zona Climática					
	α	A	B	C	D	E
U_w	0.94	0.50	0.38	0.29	0.27	0.25
U_s	0.53	0.53	0.46	0.36	0.34	0.31
U_c	0.50	0.47	0.33	0.23	0.22	0.19

U_w : Transmitancia térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

U_s : Transmitancia térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior)

U_c : Transmitancia térmica de cubiertas

Tabla E.2. Transmitancia térmica de huecos [W/m² K]

Transmitancia térmica de huecos [W/m² K]		α	A	B	C	D	E
Captación solar	Alta	5.5 – 5.7	2.6 – 3.5	2.1 – 2.7	1.9 – 2.1	1.8 – 2.1	1.9 – 2.0
	Media	5.1 – 5.7	2.3 – 3.1	1.8 – 2.3	1.6 – 2.0	1.6 – 1.8	1.6 – 1.7
	Baja	4.7 – 5.7	1.8 – 2.6	1.4 – 2.0	1.2 – 1.6	1.2 – 1.4	1.2 – 1.3

NOTA: Para el factor solar modificado se podrá tomar como referencia, para zonas climáticas con un verano tipo 4, un valor inferior a 0,57 en orientación sur/sureste/suroeste, e inferior a 0,55 en orientación este/oeste.

Ilustración 37. Parámetros característicos de la envolvente térmica

1.16.7. Cuantificación y caracterización de exigencias

1.16.8. Caracterización del consumo según el apartado HE0

- Caracterización de la exigencia (según el CTE):

El consumo energético de los edificios se limita en función de la zona climática de su localidad de ubicación y del uso previsto. En este caso es Santander, y para el uso como vivienda unifamiliar.

- Cuantificación de la exigencia:

El consumo energético de energía primaria no renovable del edificio no debe superar el valor límite $C_{ep,lim}$ obtenido mediante la siguiente expresión:

$$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup} / S \quad (1)$$

Donde:

- $C_{ep,lim}$ valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, expresada en kWh/m²·año, considerada la superficie útil de los espacios habitables.
- $C_{ep,base}$ valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, dependiente de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación del edificio (zona C).
- $F_{ep,sup}$ factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable.
- S superficie útil de los espacios habitables del edificio, o la parte ampliada, en m².

Para el cálculo del límite de consumo de energía primaria, se emplean tablas de la normativa del código técnico:

	Zona climática de invierno					
	α	A*	B*	C*	D	E
$C_{ep,base} [kWh/m^2 \cdot año]$	40	40	45	50	60	70
$F_{ep,sup}$	1000	1000	1000	1500	3000	4000

Ilustración 38. Valor base y factor corrector por superficie del consumo energético

En base a la tabla de datos, según la zona C, se obtiene con la ecuación (1):

$$C_{ep,lim} = 50 + 1500 / 94,3 = 65,91 \text{ kWh/m}^2 \text{ año}$$

1.16.9. Caracterización del consumo según el apartado HE1

- Caracterización de la demanda energética (según el CTE):

La demanda energética de los edificios se limita en función de la zona climática de la localidad en que se ubican y del uso previsto. En este caso Santander, y para el uso como vivienda unifamiliar.

En edificios de uso residencial privado, las características de los elementos de la envolvente térmica deben ser tales que eviten las descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios habitables. Se limitará igualmente la transferencia de calor entre unidades de distinto uso, y entre las unidades de uso y las zonas comunes del edificio.

Se deben limitar los riesgos debidos a procesos que produzcan una merma significativa de las prestaciones térmicas o de la vida útil de los elementos que componen la envolvente térmica, tales como las condensaciones.

- Cuantificación de la demanda energética:

La demanda energética de calefacción del edificio no debe superar el valor límite $D_{ep,lim}$ obtenido mediante la siguiente expresión:

$$D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup} / S \quad (2)$$

Donde:

- $D_{cal,lim}$ valor límite de la demanda energética de calefacción expresada en kWh/m²·año, considerada la superficie útil de los espacios habitables.
- $D_{cal,base}$ valor base de la demanda energética de calefacción, dependiente de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación del edificio (C).
- $F_{cal,sup}$ factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción.
- S superficie útil de los espacios habitables del edificio, o la parte ampliada, en m².

Para el cálculo del límite de consumo de energía primaria, se emplean tablas de la normativa del código técnico:

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
$D_{cal,base}$ [kWh/m ² ·año]	15	15	15	20	27	40
$F_{cal,sup}$	0	0	0	1000	2000	3000

Ilustración 39. Valor base y factor corrector por superficie de la demanda energética

La demanda energética de refrigeración del edificio no debe superar el valor límite, que para la zona climática de verano 1 es: $D_{ref,lim} = 15 \text{ kWh/m}^2 \text{ año}$. Sin embargo, en este proyecto no se tratará una instalación de refrigeración, sino de calefacción.

En base a la tabla de datos, según la zona C, se obtiene con la ecuación (2):

$$D_{cal,lim} = 20 + 1000 / 94,3 = \mathbf{30,60 \text{ kWh/m}^2 \text{ año}}$$

1.16.10. Limitación de descompensaciones

La transmitancia térmica y permeabilidad al aire de los huecos y la transmitancia térmica de las zonas opacas de muros, cubiertas y soleras, que formen parte de la envolvente térmica del edificio, se basan valores de las siguientes tablas obtenidas del CTE:

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

Ilustración 40. Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Tabla 2.5 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades del mismo uso, U en W/m²·K

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
Particiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00

Ilustración 41. Transmitancia térmica límite de particiones interiores

Estos son los valores límite para la transmitancia de los distintos tipos de cerramientos de la envolvente térmica, junto a los huecos y la permeabilidad al aire. Hay que recordar que la transmitancia es un parámetro que expresa la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en la unidad de tiempo.

1.16.11. Cerramientos de la envolvente

En cuanto a los cerramientos, se tendrá que distinguir entre solera, fachada, medianera y cubierta, como se ve:

- Cubierta de madera:

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Teja cerámica-porcelana	1,300	2300,00	840,00	30,00	0,015	0,020
Cámara de aire ligeramente ventilada	1,111	1,20	1000,00	1,00	0,090	0,100
XPS Expandido con dióxido de carbono CO ₂ [0.038 W/[mK]]	0,038	37,50	1000,00	100,00	2,105	0,080
XPS Expandido con dióxido de carbono CO ₂ [0.038 W/[mK]]	0,038	37,50	1000,00	100,00	2,105	0,080
Tablero de partículas 180 < d < 270	0,100	225,00	1700,00	20,00	0,190	0,019

Tabla 2. Componentes de la cubierta y sus características

- Fachada Santander (sur, este, norte):

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000	1,800	2100,00	1000,00	10,00	0,008	0,015
1 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm	0,743	1220,00	1000,00	10,00	0,323	0,240
Cámara de aire sin ventilar	0,278	1,20	1000,00	1,00	0,180	0,050
Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,432	930,00	1000,00	10,00	0,162	0,070
MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,031	40,00	1000,00	1,00	2,581	0,080
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	4,00	0,060	0,015

Tabla 3. Componentes de la fachada y sus características

- Medianera Santander:

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,410	900,00	1000,00	10,00	0,024	0,010
Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,432	930,00	1000,00	10,00	0,162	0,070
Cámara de aire ligeramente ventilada	0,133	1,20	1000,00	1,00	0,075	0,150
MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	0,031	40,00	1000,00	1,00	2,581	0,080
Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,432	930,00	1000,00	10,00	0,162	0,070
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	4,00	0,040	0,010

Tabla 4. Componentes de la medianera y sus características

- Solera:

Nombre de la capa	cond [W/(mK)]	den [kg/m ³]	Cp [kJ/(kgK)]	μ [adim.]	rterm [m ² K/W]	esp [m]
Conifera ligera d < 435	0,130	430,00	1600,00	20,00	0,154	0,020
Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000	1,800	2,08	1000,00	10,00	0,027	0,050
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/[mK]]	0,034	37,50	1000,00	100,00	1,765	0,060
Polietileno alta densidad [HDPE]	0,500	980,00	1800,00	100000,00	0,004	0,002
Hormigón armado 2300 < d < 2500	2,300	2400,00	1000,00	80,00	0,130	0,300
Polietileno alta densidad [HDPE]	0,500	980,00	1800,00	100000,00	0,004	0,002
Caliza dureza media [1800 < d < 1990]	1,400	10,00	1000,00	40,00	0,140	0,200

Tabla 5. Componentes de la solera y sus características

Donde se ven los parámetros:

- *cond* conductividad térmica del material en W/m K
- *den* densidad del material en kg/m³
- *Cp* calor específico del material en kJ/kg K
- μ factor de resistencia a difusión del vapor de agua (factor adimensional)
- *rterm* resistencia térmica del material, dada en m² K/W, y obtenida mediante la fórmula: espesor/conductividad (e_i/k_i)

- *esp* espesor en metros

A partir de esas tablas de datos, habrá que calcular las resistencias térmicas totales de cada cerramiento. Esto se hará, ya que las distintas capas de materiales que hay en los cerramientos funcionan como resistencias térmicas en paralelo, mediante la suma de los inversos de las resistencias. Sin embargo, además de estas capas, se deberán tener en cuenta las resistencias de convección interior y exterior basándose en la siguiente tabla:

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m²·K/ W

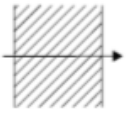
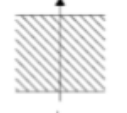

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Tabla 6. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con aire exterior

De esta forma, para calcular las transmitancias de los cerramientos, se presenta como fórmula final la que contiene las resistencias térmicas de convección interna, de las capas de materiales y de convección con el ambiente exterior:

$$Transmitancia (U) = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{TERM} + R_{se}} \quad (3)$$

Entonces, se tiene aplicando la ecuación (3):

- Cubierta:

$$U_{cubierta} = \frac{1}{0,1 + 0,015 + 0,09 + 2,105 + 2,105 + 0,19 + 0,04} = 0,22$$

- Fachada:

$$U_{fachada} = \frac{1}{0,13 + 0,008 + 0,323 + 0,18 + 0,162 + 2,581 + 0,06 + 0,04} = 0,29$$

- Medianera:

$$U_{medianera} = \frac{1}{0,13 + 0,024 + 0,162 + 0,075 + 2,581 + 0,162 + 0,04 + 0,04} = 0,30$$

- Solera:

$$U_{solera} = \frac{1}{0,17 + 0,154 + 0,027 + 1,765 + 0,004 + 0,13 + 0,004 + 0,14 + 0,04} = 0,42$$

Se pueden resumir las transmitancias de los cerramientos en:

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/ m ² K]	Modo de obtención
CUBIERTA MADERA	Cubierta Incl Exterior	84	0,22	En función de su composición
FACHADA	Muro Exterior	136	0,29	En función de su composición
MEDIANERA	Muro adiabático	49,6	0,3	En función de su composición
SOLERA	Suelo al terreno	57,5	0,42	En función de su composición

Tabla 7. Transmitancias de los cerramientos de la vivienda

1.16.12. Huecos y puertas

En cuanto a los huecos y puertas existentes en las fachadas, hay distintos grupos, según el cerramiento en que se encuentran:

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/ m ² K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Grupo 1	Ventanas Dob.bajo emisivo <0.03	2,4	1,84	0,44	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 2	Ventanas Dob.bajo emisivo <0.03	2,4	1,84	0,44	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 3	Puertas	1,512	2,20	0,06	Definido por usuario	Definido por usuario
Grupo 4	Ventanas Dob.bajo emisivo <0.03	1,2	1,84	0,44	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 5	Ventanas Dob.bajo emisivo <0.03	3,6	1,84	0,44	Función de su composición	Definido por usuario
Grupo 6	Puertas	4,704	2,20	0,06	Definido por usuario	Definido por usuario

Tabla 8. Transmitancias de los huecos, puertas y lucernarios

1.16.13. Cumplimiento de conductividades de cerramientos

Aquí se recopilan en una tabla todos los datos de transmitancia calculados en una columna, frente a otra columna indicativa de los valores límite, haciendo más visual comprender los valores y si se encuentran dentro de los márgenes establecidos por la normativa vigente. Aquí se puede observar:

CERRAMIENTO. Valores de transmitancia térmica (según CTE)	U _{max,proy}	U _{límite}	Cumplimiento
Muros de fachada	0,29	0,75	Cumple
Im. de suelos apoyados sobre el terreno	---	0,75	Cumple
Im. de muros apoyados sobre el terreno	---	0,75	Cumple
Particiones interiores Hz. o Vert. (distinto uso)	0,30	0,95	Cumple
Suelos con el exterior	---	0,50	Cumple
Cubiertas con el exterior	0,22	0,50	Cumple
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios (Huecos)	2,20	3,10	Cumple
Particiones interiores Hz. (mismo uso)	---	1,35	Cumple
Particiones interiores Vert. (mismo uso)	---	1,20	Cumple
Permeabilidad Huecos	15,00	27,00	Cumple

Tabla 9. Relación entre transmitancias máximas y límite de los cerramientos

Como se ve, tanto los muros de fachada, como las particiones (paredes y tabiques) interiores horizontales y verticales, como la cubierta, los huecos (ventanas) y la permeabilidad al aire de los huecos cumplen con los límites establecidos.

1.16.14. Condensaciones de puentes térmicos

Para comprobar las condensaciones en los puentes térmicos, se necesitarán ciertos datos de normativa de la zona climática y también realizar otros cálculos.

- Se necesitan la Temperatura media (T_{med}) y la Humedad relativa (HR), que se obtendrán del Código Técnico de la Edificación:

	HR _{med}	76	74	74	79	79	82	82	83	79	76	76	76
Salamanca	T _{med}	3,7	5,3	7,3	9,6	13,4	17,8	21,0	20,3	17,5	12,3	7,0	4,1
	HR _{med}	85	78	69	66	62	58	50	53	62	74	82	86
Santa Cruz de Tenerife	T _{med}	17,9	18,0	18,6	19,1	20,5	22,2	24,6	25,1	24,4	22,4	20,7	18,8
	HR _{med}	66	66	62	61	60	59	56	58	63	65	67	66
Santander	T _{med}	9,7	10,3	10,8	11,9	14,3	17,0	19,3	19,5	18,5	16,1	12,5	10,5
	HR _{med}	71	71	71	74	75	77	77	78	77	75	73	72
Segovia	T _{med}	4,1	5,2	7,1	9,1	13,1	17,7	21,6	21,2	17,9	12,6	7,3	4,3
	HR _{med}	75	71	65	65	61	55	47	49	55	65	73	78
Sevilla	T _{med}	10,7	11,9	14,0	16,0	19,6	23,4	26,8	26,8	24,4	19,5	14,3	11,1

Tabla 10. Temperaturas medias y humedades relativas de Santander para los distintos meses

- Se necesita la Temperatura interior, que se estimará en 20°C en el mes que resulta más comprometido, como lo es enero.
- Ahora, se calculará el factor de temperatura de la superficie interior de los cerramientos, y para ello se sigue un pequeño procedimiento:

- Calcular la presión interior (P_i) para 20°C:

$$P_i = \varphi_i * 2337 = 0.55 * 2337 = 1285.35 \quad (4)$$

- Calcular la presión de saturación (P_{sat}) para esta presión interior (límite máximo del 80% de humedad relativa media mensual sobre la superficie del cerramiento analizado):

$$P_{sat} = \frac{P_i}{0.8} = 1606.7 \quad (5)$$

- Calcular la temperatura de la superficie interior mínima:

$$\theta_{si,min} = \frac{237.3 * \log\left(\frac{P_{sat}}{610.5}\right)}{17.269 * \log\left(\frac{P_{sat}}{610.5}\right)} = 13.74 \quad (6)$$

- Calcular definitivamente el factor de temperatura de superficie interior mínima:

$$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{13.74 - 9.7}{20 - 9.7} = 0.40 \quad (7)$$

- Una vez calculado el mínimo, se deberá continuar con el cálculo del factor de temperatura de la superficie interior de un cerramiento:

$$f_{Rsi} = 1 - U * 0.25 \quad (8)$$

Entonces, se podrá calcular ya el factor de temperatura de los distintos cerramientos de esta vivienda mediante la ecuación (8):

- Cubierta: $f_{Rsi} = 1 - 0.24 * 0.25 = 0.94$
- Fachada: $f_{Rsi} = 1 - 0.44 * 0.25 = 0.89$
- Solera: $f_{Rsi} = 1 - 0.32 * 0.25 = 0.92$
- Huecos: $f_{Rsi} = 1 - 1.84 * 0.25 = 0.54$

De esta forma, se podrá resumir en la siguiente tabla este proceso:

Condensaciones puentes térmicos	Subtipo	FRsi	FRsi,min	Cumplimiento
Encuentros horizontales fachada	Forjados	0.89	0,4	Cumple
Encuentros horizontales fachada	Cubiertas	0.94	0,4	Cumple
Encuentros horizontales fachada	Suelo Exterior	0.92	0,4	Cumple
Puentes verticales fachada	Esquina saliente	0.92	0,4	Cumple
Ventana		0.54	0,4	Cumple
Pilares		0.86	0,4	Cumple
Terreno		0.68	0,4	Cumple

Tabla 11. Factor de temperatura de superficie interior de los cerramientos

1.17. CÁLCULOS PARA A.C.S.

Ahora se establecerán los cálculos mes a mes de la instalación de agua caliente sanitaria. Se tomará como referencia que habrá 5 o 6 ocupantes en la vivienda todos los días, con un consumo de entre 40 – 50 litros por persona y día, estimando un consumo total en la vivienda de unos 240 litros por día. De esta forma, se podrá también estimar la superficie y el volumen de almacenamiento que se necesita para el ACS de la vivienda.

- Área de colectores: 4 m²
- Volumen unitario: 50 L, que se traduce en 200 L de almacenamiento
- Eficiencia del intercambiador: 76% – 80% (según fabricante)

1.17.1. Cálculo de la superficie de captación y coberturas

Ahora, se emplearán hojas de cálculo para obtener las coberturas mensuales tomando promedios de cada hora del día de todos los meses. Para ello, hay que comentar previamente los parámetros que se mencionarán y calcularán en las hojas de cálculo:

- Hora solar.

Es la que marca la posición relativa del sol respecto de cada lugar.

- Hora civil.

Es la hora oficial que rige en una zona determinada de cada país.

- Tiempo en horas.

Se emplearán horas promedio. Por ello, al tratarse de intervalos de una hora, se marcarán las clases de cada intervalo, siendo por ejemplo 0.5 el intervalo entre las 0:00h y la 1.00h.

- Temperatura ambiente.

Es un valor de temperatura que oscila de forma sinusoidal, según una fórmula determinada.

$$T_{amb} = \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} + \frac{(T_{max} - T_{min})}{2} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{12} \cdot t(h) - \frac{5\pi}{4}\right) \quad (9)$$

- Consumos.

Distribución de consumos en litros de agua caliente a lo largo de las distintas horas del día, fraccionado según una estimación detallada.

- Radiación.

Son los valores de radiación por cada hora del día, que va a llegar a la ubicación donde se encuentra la instalación, en kJ/m².

- Temperatura del depósito.

El depósito comenzará a una temperatura, que será cuando sea posible de 60°C, y que irá variando durante el transcurso del día a causa de las pérdidas

que se produzcan, a los cambios de temperatura debidos a la influencia de los captadores, a las demandas energéticas... Hay que destacar que debe ser una serie de valores cerrada y la temperatura de comienzo y de final del día será la misma, lo cual supondrá que el sistema esté en completo equilibrio.

- Temperatura de entrada al colector (T_{CE}).

Es la temperatura a la que entra el agua al colector, que es también la de salida del acumulador por ser un circuito cerrado.

- Rendimiento (η).

Este valor muestra la eficiencia de los colectores y varía en función de la hora del día, debido a su dependencia de la temperatura ambiente y de la radiación solar incidente.

$$\eta = a - b \cdot \frac{(T_{CE} - T_{amb})}{I} \quad (10)$$

Siendo:

- a eficiencia óptica del colector
 - b pérdidas térmicas del colector
 - I radiación solar incidente sobre el captador
- Calor útil.

Este es el valor que indica el calor que se obtiene de los colectores solares según la hora, y que es el que realmente se podrá aprovechar.

$$Q_{util} = I \cdot \eta \cdot A_{captacion} \quad (11)$$

Siendo:

- $I....$ radiación solar incidente por horas
 - $\eta....$ rendimiento instantáneo del captador
 - $A_{captacion}....$ superficie de captadores a disposición
- Temperatura de salida del colector (T_{CS}).

Es la temperatura a la que sale el fluido del colector, que es también la de entrada al acumulador por ser un circuito cerrado. Como se entiende, esta será una temperatura superior a la de entrada T_{CE} .

- Flujo másico del depósito.

Este valor se calcula según esta fórmula.

$$Flujo\ másico = Flujo\ consumo \cdot \frac{(45 - T_{dep})}{(T_{dep} - T_{red})} \quad (12)$$

- Calor de consumo.

Es la demanda calorífica de los clientes. Se calcula según:

$$Q_{cons} = Flujo\ consumo \cdot 4.18 \cdot (45 - T_{red}) \quad (13)$$

- Calor perdido.

Este valor representa las pérdidas de calor a través de las paredes del depósito, y se calcula según:

$$Q_{perd} = (A \cdot U_{dep}) \cdot (T_{dep} - T_{amb\ dep}) \quad (14)$$

Siendo:

- $A....$ superficie exterior del depósito
- $U_{dep}....$ coeficiente de pérdidas del depósito
- Temperatura nueva del depósito.

Este es resultado de la aplicación del calor resultante al flujo másico de agua que se encuentra dentro del depósito. Todo ello en función de las horas del día, ya que se va modificando la temperatura del depósito por el balance de los distintos calores que experimente el interior del depósito. Esto se calcula:

$$T_{dep-nueva} = T_{dep} + \Delta T = T_{dep} + \frac{Q_{util} - Q_{cons} - Q_{perd}}{C_p \cdot V_{almacenado}} \quad (15)$$

Siendo:

- Balance de calores.... $\Sigma Q = Q_{util} - Q_{consumo} - Q_{perdido}$
- Variación de temperatura.... ΔT (aumenta o disminuye en función del resultado del balance de calores)
- Calor auxiliar.

Evidentemente, en función del momento del año, habrá situaciones en que no se pueda cubrir la totalidad de demanda energética para el agua caliente sanitaria, únicamente con la energía térmica procedente de la radiación solar.

En estas situaciones, se requerirá de una fuente de energía auxiliar que proporcione la fracción de calor restante con el fin de conseguir cubrir dicha demanda, y esto será comprobado a todas las horas.

En el posible caso de necesitar de este calor auxiliar, habiendo descendido de forma importante la temperatura en el depósito, este calor aumentará su temperatura hasta el valor mínimo que se estableció. Se calculará según:

$$Q_{aux} = (60 - T_{dep-nueva}) \cdot V_{almacenado} \cdot C_p \quad (16)$$

Entonces, con todos estos parámetros indicativos de una instalación de agua caliente sanitaria, se realiza una hoja de datos mensual para conocer la cobertura mensual en función de la radiación solar absorbida y de las temperaturas ambiente de cada mes, empezando por enero y terminando por diciembre.

ENERO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Consumos	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	F. másico	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	5,6	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	183,49	59,78	183,489366
1:00:00	3:00:00	1,5	5,2	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	183,49	59,78	183,489366
2:00:00	4:00:00	2,5	5,0	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	183,49	59,78	183,489366
3:00:00	5:00:00	3,5	5,0	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	183,49	59,78	183,489366
4:00:00	6:00:00	4,5	5,2	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	183,49	59,78	183,489366
5:00:00	7:00:00	5,5	5,6	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	183,49	59,78	183,489366
6:00:00	8:00:00	6,5	6,2	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,79	3866,50	183,49	55,16	4049,98937
7:00:00	9:00:00	7,5	6,9	25	235	60,00	58,98	-1,99	0,00	58,98	17,79	3866,50	183,49	55,16	4049,98937
8:00:00	10:00:00	8,5	7,6	25	638	60,00	59,69	-0,22	0,00	59,69	17,79	3866,50	183,49	55,16	4049,98937
9:00:00	11:00:00	9,5	8,4	5	1073	60,00	60,47	0,20	853,06	61,95	3,56	773,30	183,49	59,88	103,73244
10:00:00	12:00:00	10,5	9,1	5	1430	60,00	61,10	0,35	2014,27	64,60	3,56	773,30	183,49	61,26	0
11:00:00	13:00:00	11,5	9,8	20	1630	61,26	62,70	0,40	2616,84	67,24	13,89	3093,20	188,32	60,47	0
12:00:00	14:00:00	12,5	10,4	10	1630	60,47	61,94	0,41	2683,00	66,60	7,05	1546,60	185,29	61,61	0
13:00:00	15:00:00	13,5	10,8	20	1430	61,61	62,71	0,35	2015,06	66,21	13,80	3093,20	189,63	60,09	0
14:00:00	16:00:00	14,5	11,0	15	1073	60,09	60,63	0,23	975,26	62,32	10,65	2319,90	183,84	58,26	1452,33534
15:00:00	17:00:00	15,5	11,0	10	638	60,00	59,78	-0,15	0,00	59,78	7,12	1546,60	183,49	57,93	1730,08937
16:00:00	18:00:00	16,5	10,8	5	235	60,00	59,08	-1,78	0,00	59,08	3,56	773,30	183,49	58,86	956,789366
17:00:00	19:00:00	17,5	10,4	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,56	773,30	183,49	58,86	956,789366
18:00:00	20:00:00	18,5	9,8	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,56	773,30	183,49	58,86	956,789366
19:00:00	21:00:00	19,5	9,1	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,56	773,30	183,49	58,86	956,789366
20:00:00	22:00:00	20,5	8,4	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,56	773,30	183,49	58,86	956,789366
21:00:00	23:00:00	21,5	7,6	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,79	3866,50	183,49	55,16	4049,98937
22:00:00	0:00:00	22,5	6,9	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,79	3866,50	183,49	55,16	4049,98937
23:00:00	1:00:00	23,5	6,2	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,56	773,30	183,49	58,86	956,789366

Tabla 12. Calores y temperaturas para ACS en enero

- Balance de calor en Enero:

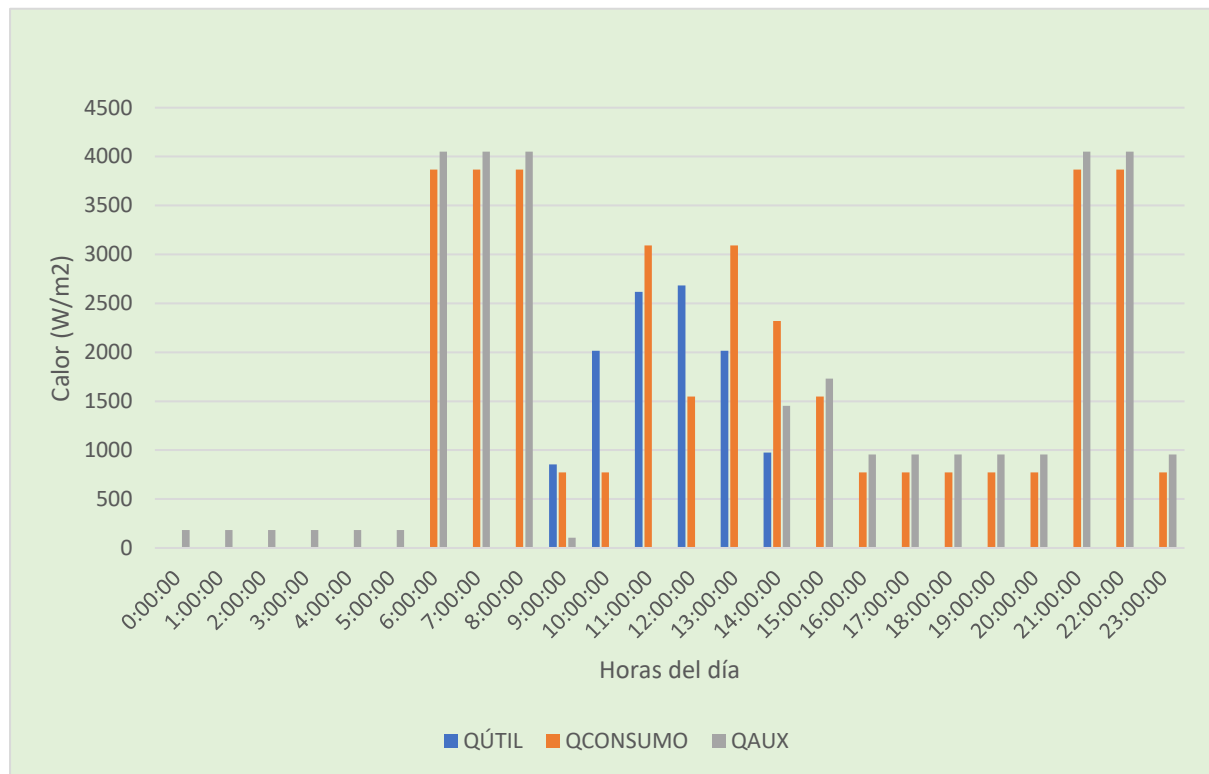


Ilustración 42. Balance de calores de ACS en enero

FEBRERO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Consumos	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	F. másico	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	6,5	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	179,67	59,79	179,66667
1:00:00	3:00:00	1,5	6,2	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	179,67	59,79	179,66667
2:00:00	4:00:00	2,5	6,0	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	179,67	59,79	179,66667
3:00:00	5:00:00	3,5	6,0	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	179,67	59,79	179,66667
4:00:00	6:00:00	4,5	6,2	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	179,67	59,79	179,66667
5:00:00	7:00:00	5,5	6,5	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	179,67	59,79	179,66667
6:00:00	8:00:00	6,5	7,0	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,65	3762,00	179,67	55,29	3941,6667
7:00:00	9:00:00	7,5	7,5	25	430	60,00	59,33	-0,71	0,00	59,33	17,65	3762,00	179,67	55,29	3941,6667
8:00:00	10:00:00	8,5	8,2	25	941	60,00	60,23	0,11	425,53	60,97	17,65	3762,00	179,67	55,79	3516,14
9:00:00	11:00:00	9,5	8,8	5	1451	60,00	61,13	0,36	2066,36	64,72	3,53	752,40	179,67	61,36	0
10:00:00	12:00:00	10,5	9,5	5	1863	61,36	63,18	0,45	3327,08	68,96	3,44	752,40	184,85	64,22	0
11:00:00	13:00:00	11,5	10,0	20	2092	64,22	66,37	0,47	3937,27	73,21	13,04	3009,60	195,78	65,09	0
12:00:00	14:00:00	12,5	10,5	10	2092	65,09	67,24	0,47	3916,97	74,04	6,42	1504,80	199,13	67,74	0
13:00:00	15:00:00	13,5	10,8	20	1863	67,74	69,43	0,41	3080,47	74,77	12,26	3009,60	209,25	67,57	0
14:00:00	16:00:00	14,5	11,0	15	1451	67,57	68,56	0,31	1800,53	71,69	9,22	2257,20	208,61	66,78	0
15:00:00	17:00:00	15,5	11,0	10	941	66,78	66,90	0,06	230,73	67,30	6,23	1504,80	205,57	65,01	0
16:00:00	18:00:00	16,5	10,8	5	430	65,01	64,29	-0,76	0,00	64,29	3,21	752,40	198,81	63,87	0
17:00:00	19:00:00	17,5	10,5	5	0	63,87	63,87	0,00	0,00	63,87	3,28	752,40	194,46	62,74	0
18:00:00	20:00:00	18,5	10,0	5	0	62,74	62,74	0,00	0,00	62,74	3,35	752,40	190,13	61,61	0
19:00:00	21:00:00	19,5	9,5	5	0	61,61	61,61	0,00	0,00	61,61	3,42	752,40	185,82	60,49	0
20:00:00	22:00:00	20,5	8,8	5	0	60,49	60,49	0,00	0,00	60,49	3,50	752,40	181,53	59,37	526,99635
21:00:00	23:00:00	21,5	8,2	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,65	3762,00	179,67	55,29	3941,6667
22:00:00	0:00:00	22,5	7,5	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,65	3762,00	179,67	55,29	3941,6667
23:00:00	1:00:00	23,5	7,0	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,53	752,40	179,67	58,89	932,06667

Tabla 13. Calores y temperaturas para ACS en febrero

- Balance de calor en Febrero:

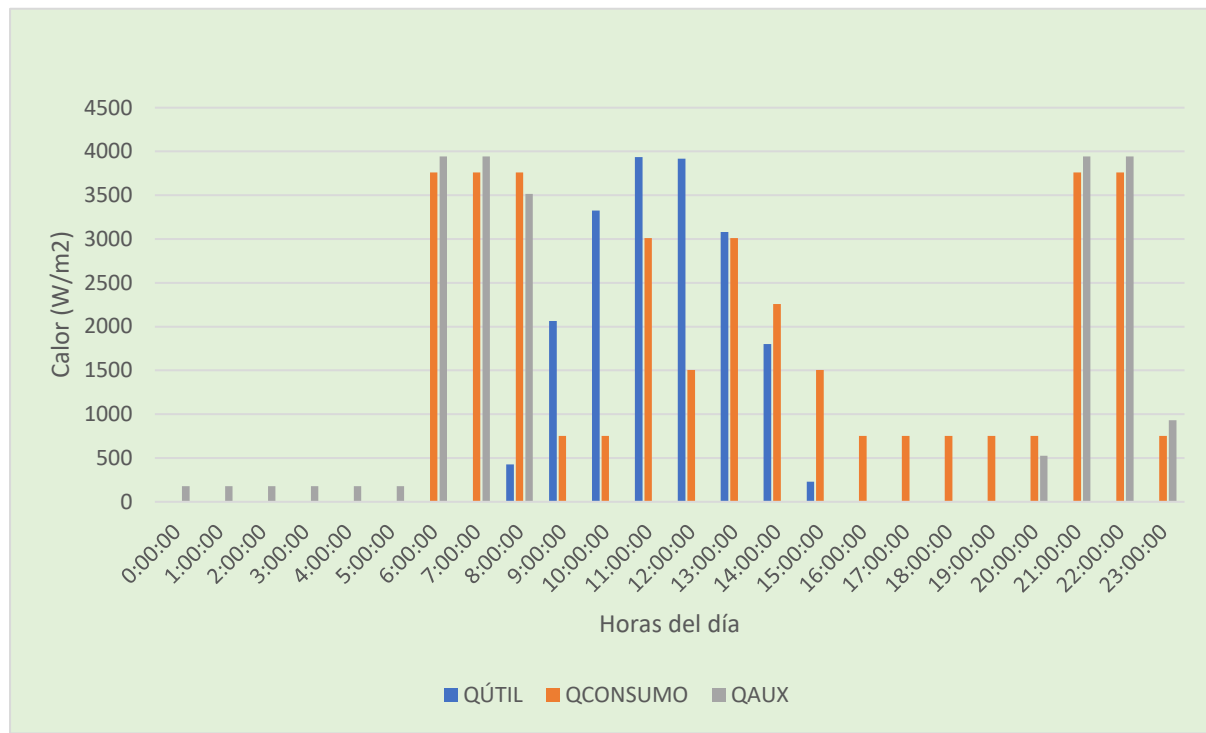


Ilustración 43. Balance de calores de ACS en febrero

MARZO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Consumos	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	F. másico	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	9,5	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
1:00:00	3:00:00	1,5	9,2	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
2:00:00	4:00:00	2,5	9,0	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
3:00:00	5:00:00	3,5	9,0	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
4:00:00	6:00:00	4,5	9,2	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
5:00:00	7:00:00	5,5	9,5	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
6:00:00	8:00:00	6,5	10,0	25	165	60,00	58,94	-2,93	0,00	58,94	17,35	3553,00	172,02	55,54	3725,02128
7:00:00	9:00:00	7,5	10,5	25	659	60,00	59,81	-0,13	0,00	59,81	17,35	3553,00	172,02	55,54	3725,02128
8:00:00	10:00:00	8,5	11,2	25	1226	60,00	60,81	0,30	1472,06	63,36	17,35	3553,00	172,02	57,31	2252,95969
9:00:00	11:00:00	9,5	11,8	5	1776	60,00	61,77	0,46	3237,39	67,40	3,47	710,60	172,02	62,82	0
10:00:00	12:00:00	10,5	12,5	5	2212	62,82	65,29	0,51	4504,17	73,11	3,28	710,60	182,79	67,14	0
11:00:00	13:00:00	11,5	13,0	20	2453	67,14	69,92	0,52	5079,58	78,74	12,11	2842,40	199,30	69,57	0
12:00:00	14:00:00	12,5	13,5	10	2453	69,57	72,31	0,51	4982,66	80,96	5,80	1421,20	208,62	73,58	0
13:00:00	15:00:00	13,5	13,8	20	2212	73,58	75,80	0,46	4042,45	82,82	10,87	2842,40	223,95	74,75	0
14:00:00	16:00:00	14,5	14,0	15	1776	74,75	76,19	0,37	2619,45	80,74	8,00	2131,80	228,41	75,06	0
15:00:00	17:00:00	15,5	14,0	10	1226	75,06	75,54	0,18	870,93	77,05	5,31	1421,20	229,60	74,13	0
16:00:00	18:00:00	16,5	13,8	5	659	74,13	73,65	-0,33	0,00	73,65	2,69	710,60	226,03	73,01	0
17:00:00	19:00:00	17,5	13,5	5	165	73,01	71,69	-3,64	0,00	71,69	2,74	710,60	221,75	71,89	0
18:00:00	20:00:00	18,5	13,0	5	0	71,89	71,89	0,00	0,00	71,89	2,79	710,60	217,49	70,78	0
19:00:00	21:00:00	19,5	12,5	5	0	70,78	70,78	0,00	0,00	70,78	2,84	710,60	213,24	69,68	0
20:00:00	22:00:00	20,5	11,8	5	0	69,68	69,68	0,00	0,00	69,68	2,90	710,60	209,02	68,58	0
21:00:00	23:00:00	21,5	11,2	25	0	68,58	68,58	0,00	0,00	68,58	14,76	3553,00	204,81	64,08	0
22:00:00	0:00:00	22,5	10,5	25	0	64,08	64,08	0,00	0,00	64,08	16,01	3553,00	187,63	59,61	327,216247
23:00:00	1:00:00	23,5	10,0	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,47	710,60	172,02	58,94	882,62128

Tabla 14. Calores y temperaturas para ACS en marzo

- Balance de calor en Marzo:

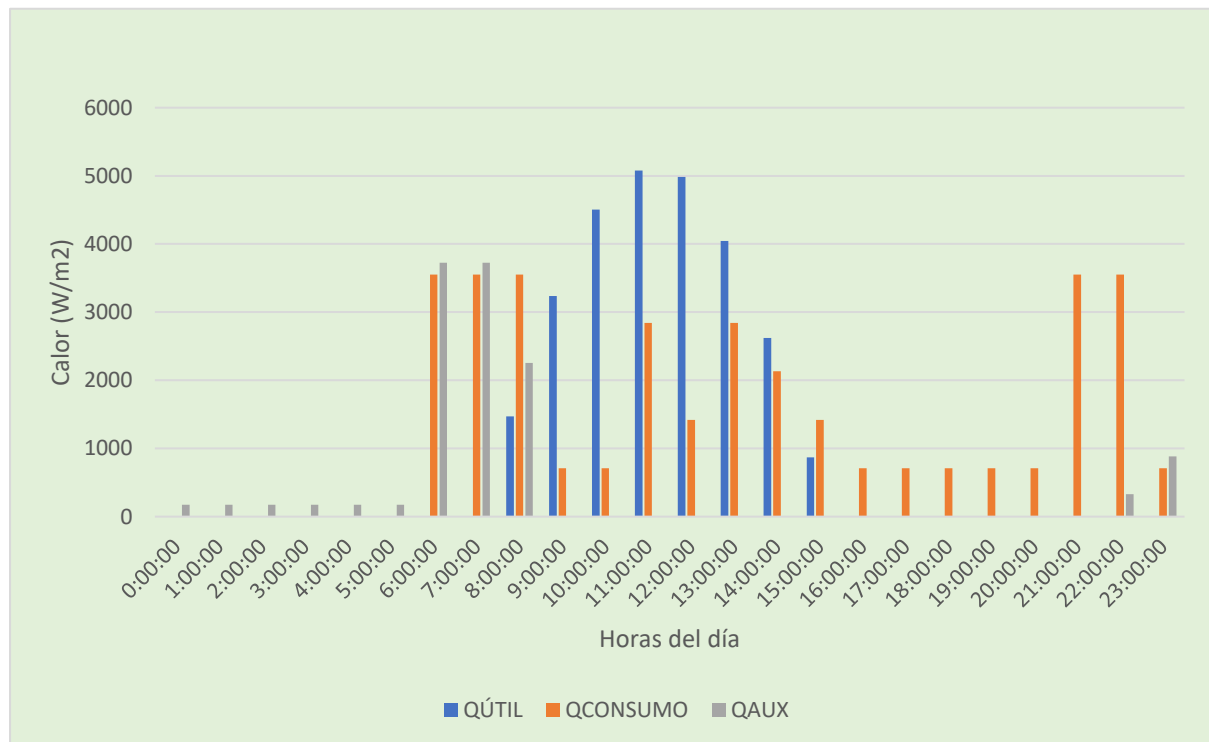


Ilustración 44. Balance de calores de ACS en marzo

ABRIL

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Consumos	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	F. másico	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP(NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	10,4	0	0	60,75	60,75	0,00	0,00	60,75	0,00	0,00	174,90	60,54	0
1:00:00	3:00:00	1,5	10,2	0	0	60,54	60,54	0,00	0,00	60,54	0,00	0,00	174,10	60,33	0
2:00:00	4:00:00	2,5	10,0	0	0	60,33	60,33	0,00	0,00	60,33	0,00	0,00	173,30	60,13	0
3:00:00	5:00:00	3,5	10,0	0	0	60,13	60,13	0,00	0,00	60,13	0,00	0,00	172,51	59,92	65,821163
4:00:00	6:00:00	4,5	10,2	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
5:00:00	7:00:00	5,5	10,4	0	20	60,00	58,70	-29,94	0,00	58,70	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
6:00:00	8:00:00	6,5	10,8	25	316	60,00	59,22	-1,12	0,00	59,22	17,02	3344,00	172,02	55,79	3516,0213
7:00:00	9:00:00	7,5	11,2	25	788	60,00	60,05	0,03	92,40	60,21	17,02	3344,00	172,02	55,90	3423,6201
8:00:00	10:00:00	8,5	11,7	25	1304	60,00	60,96	0,33	1742,96	63,98	17,02	3344,00	172,02	57,88	1773,0627
9:00:00	11:00:00	9,5	12,3	5	1789	60,00	61,81	0,46	3300,48	67,54	3,40	668,80	172,02	62,94	0
10:00:00	12:00:00	10,5	12,8	5	2168	62,94	65,34	0,50	4375,06	72,94	3,20	668,80	183,27	67,16	0
11:00:00	13:00:00	11,5	13,2	20	2376	67,16	69,81	0,51	4844,79	78,22	11,82	2675,20	199,38	69,51	0
12:00:00	14:00:00	12,5	13,6	10	2376	69,51	72,12	0,50	4747,31	80,36	5,66	1337,60	208,39	73,34	0
13:00:00	15:00:00	13,5	13,8	20	2168	73,34	75,49	0,45	3918,08	82,29	10,61	2675,20	223,02	74,56	0
14:00:00	16:00:00	14,5	14,0	15	1789	74,56	76,03	0,37	2670,72	80,66	7,80	2006,40	227,69	75,08	0
15:00:00	17:00:00	15,5	14,0	10	1304	75,08	75,69	0,21	1113,19	77,63	5,15	1337,60	229,68	74,54	0
16:00:00	18:00:00	16,5	13,8	5	788	74,54	74,27	-0,16	0,00	74,27	2,60	668,80	227,61	73,47	0
17:00:00	19:00:00	17,5	13,6	5	316	73,47	72,40	-1,54	0,00	72,40	2,65	668,80	223,51	72,40	0
18:00:00	20:00:00	18,5	13,2	5	20	72,40	70,84	-35,89	0,00	70,84	2,69	668,80	219,43	71,34	0
19:00:00	21:00:00	19,5	12,8	5	0	71,34	71,34	0,00	0,00	71,34	2,74	668,80	215,37	70,28	0
20:00:00	22:00:00	20,5	12,3	5	0	70,28	70,28	0,00	0,00	70,28	2,79	668,80	211,32	69,23	0
21:00:00	23:00:00	21,5	11,7	25	0	69,23	69,23	0,00	0,00	69,23	14,23	3344,00	207,30	64,98	0
22:00:00	0:00:00	22,5	11,2	25	0	64,98	64,98	0,00	0,00	64,98	15,39	3344,00	191,06	60,75	0
23:00:00	1:00:00	23,5	10,8	5	0	60,75	60,75	0,00	0,00	60,75	3,35	668,80	174,90	59,74	214,71284

Tabla 15. Calores y temperaturas para ACS en abril

- Balance de calor en Abril:

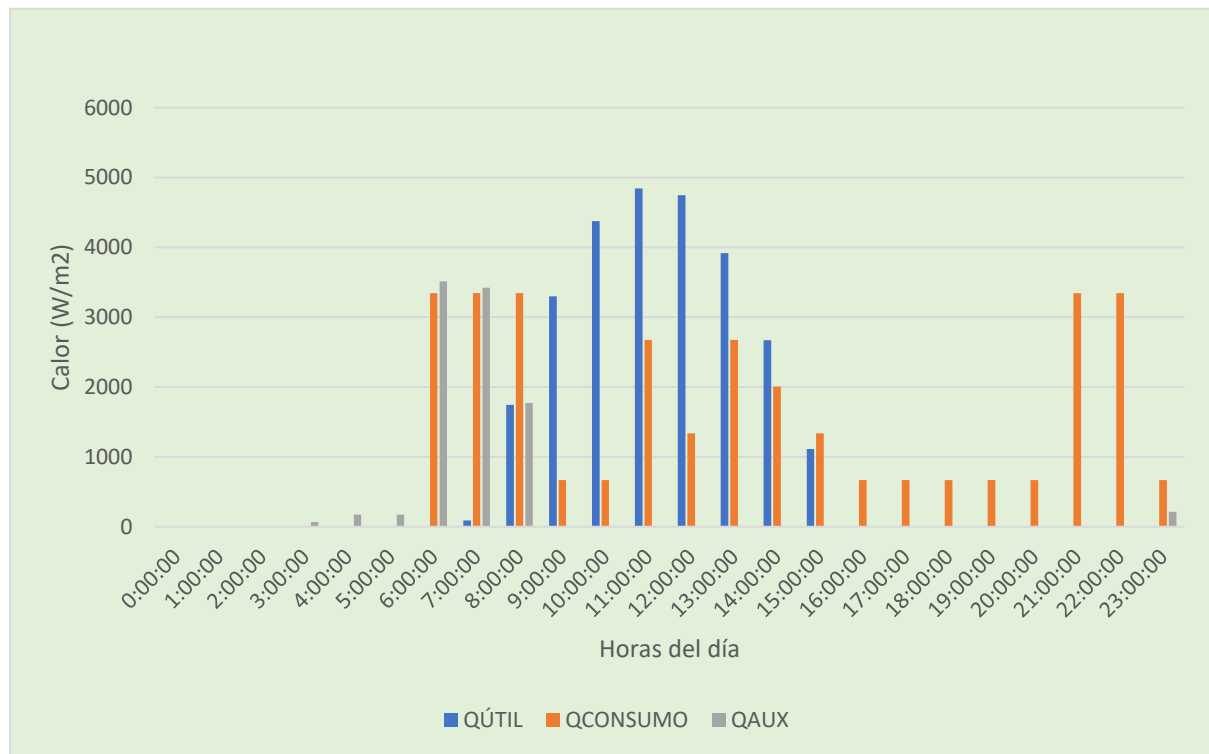


Ilustración 45. Balance de calores de ACS en abril

MAYO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Consumos	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	F. másico	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	12,4	0	0	63,54	63,54	0,00	0,00	63,54	0,00	0,00	185,55	63,32	0
1:00:00	3:00:00	1,5	12,2	0	0	63,32	63,32	0,00	0,00	63,32	0,00	0,00	184,70	63,10	0
2:00:00	4:00:00	2,5	12,0	0	0	63,10	63,10	0,00	0,00	63,10	0,00	0,00	183,85	62,88	0
3:00:00	5:00:00	3,5	12,0	0	0	62,88	62,88	0,00	0,00	62,88	0,00	0,00	183,01	62,66	0
4:00:00	6:00:00	4,5	12,2	0	0	62,66	62,66	0,00	0,00	62,66	0,00	0,00	182,18	62,44	0
5:00:00	7:00:00	5,5	12,4	0	137	62,44	61,33	-3,69	0,00	61,33	0,00	0,00	181,34	62,22	0
6:00:00	8:00:00	6,5	12,8	25	434	62,22	61,64	-0,61	0,00	61,64	16,07	3239,50	180,51	58,13	1562,5239
7:00:00	9:00:00	7,5	13,2	25	908	60,00	60,31	0,16	568,56	61,30	16,85	3239,50	172,02	56,60	2842,9607
8:00:00	10:00:00	8,5	13,7	25	1408	60,00	61,19	0,39	2169,96	64,96	16,85	3239,50	172,02	58,51	1241,565
9:00:00	11:00:00	9,5	14,3	5	1869	60,00	62,00	0,49	3648,81	68,34	3,37	647,90	172,02	63,38	0
10:00:00	12:00:00	10,5	14,8	5	2223	63,38	65,92	0,52	4625,18	73,95	3,14	647,90	184,96	67,92	0
11:00:00	13:00:00	11,5	15,2	20	2416	67,92	70,68	0,52	5032,67	79,42	11,50	2591,60	202,30	70,60	0
12:00:00	14:00:00	12,5	15,6	10	2416	70,60	73,30	0,51	4919,44	81,84	5,48	1295,80	212,53	74,68	0
13:00:00	15:00:00	13,5	15,8	20	2223	74,68	76,94	0,46	4124,33	84,10	10,22	2591,60	228,13	76,24	0
14:00:00	16:00:00	14,5	16,0	15	1869	76,24	77,85	0,39	2936,82	82,95	7,47	1943,70	234,10	77,15	0
15:00:00	17:00:00	15,5	16,0	10	1408	77,15	77,94	0,26	1439,05	80,43	4,91	1295,80	237,57	77,03	0
16:00:00	18:00:00	16,5	15,8	5	908	77,03	76,96	-0,04	0,00	76,96	2,46	647,90	237,14	75,98	0
17:00:00	19:00:00	17,5	15,6	5	434	75,98	75,10	-0,92	0,00	75,10	2,50	647,90	233,09	74,92	0
18:00:00	20:00:00	18,5	15,2	5	137	74,92	73,55	-4,56	0,00	73,55	2,54	647,90	229,06	73,87	0
19:00:00	21:00:00	19,5	14,8	5	0	73,87	73,87	0,00	0,00	73,87	2,59	647,90	225,05	72,83	0
20:00:00	22:00:00	20,5	14,3	5	0	72,83	72,83	0,00	0,00	72,83	2,63	647,90	221,06	71,79	0
21:00:00	23:00:00	21,5	13,7	25	0	71,79	71,79	0,00	0,00	71,79	13,41	3239,50	217,09	67,65	0
22:00:00	0:00:00	22,5	13,2	25	0	67,65	67,65	0,00	0,00	67,65	14,44	3239,50	201,28	63,54	0
23:00:00	1:00:00	23,5	12,8	5	0	63,54	63,54	0,00	0,00	63,54	3,13	647,90	185,55	62,54	0

Tabla 16. Calores y temperaturas para ACS en mayo

- Balance de calor en Mayo:

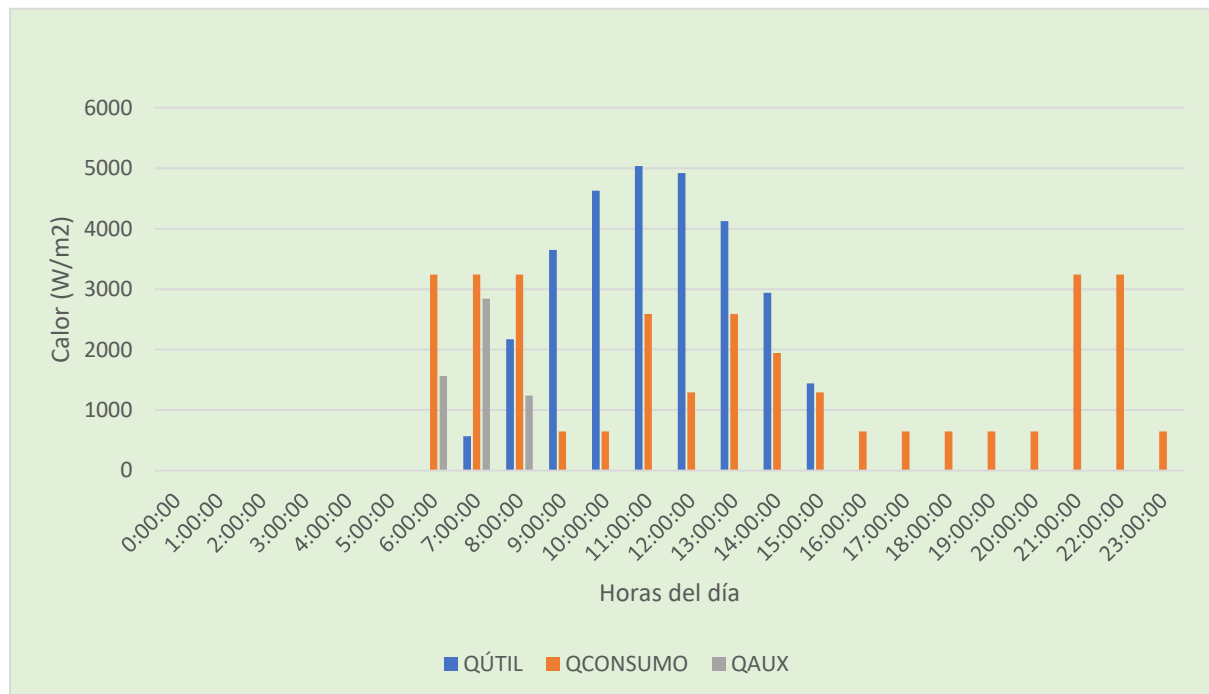


Ilustración 46. Balance de calores de ACS en mayo

JUNIO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Consumos	Rad (kl/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	F. másico	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	14,5	0	0	66,23	66,23	0,00	0,00	66,23	0,00	0,00	184,38	66,01	0
1:00:00	3:00:00	1,5	14,2	0	0	66,01	66,01	0,00	0,00	66,01	0,00	0,00	183,53	65,79	0
2:00:00	4:00:00	2,5	14,0	0	0	65,79	65,79	0,00	0,00	65,79	0,00	0,00	182,69	65,57	0
3:00:00	5:00:00	3,5	14,0	0	0	65,57	65,57	0,00	0,00	65,57	0,00	0,00	181,86	65,36	0
4:00:00	6:00:00	4,5	14,2	0	0	65,36	65,36	0,00	0,00	65,36	0,00	0,00	181,03	65,14	0
5:00:00	7:00:00	5,5	14,5	0	192	65,14	64,11	-2,45	0,00	64,11	0,00	0,00	180,20	64,92	0
6:00:00	8:00:00	6,5	15,0	25	488	64,92	64,42	-0,47	0,00	64,42	15,02	3135,00	179,37	60,96	0
7:00:00	9:00:00	7,5	15,5	25	964	60,96	61,40	0,21	812,71	62,82	16,32	3135,00	164,22	57,98	1684,706
8:00:00	10:00:00	8,5	16,2	25	1459	60,00	61,34	0,42	2450,64	65,60	16,67	3135,00	160,55	58,99	844,9124
9:00:00	11:00:00	9,5	16,8	5	1910	60,00	62,14	0,51	3905,48	68,92	3,33	627,00	160,55	63,73	0
10:00:00	12:00:00	10,5	17,5	5	2255	63,73	66,38	0,54	4840,46	74,79	3,08	627,00	174,81	68,56	0
11:00:00	13:00:00	11,5	18,0	20	2442	68,56	71,42	0,53	5220,21	80,49	11,20	2508,00	193,28	71,57	0
12:00:00	14:00:00	12,5	18,5	10	2442	71,57	74,37	0,52	5095,07	83,21	5,30	1254,00	204,80	75,92	0
13:00:00	15:00:00	13,5	18,8	20	2255	75,92	78,29	0,48	4308,78	85,77	9,85	2508,00	221,42	77,81	0
14:00:00	16:00:00	14,5	19,0	15	1910	77,81	79,53	0,41	3137,44	84,98	7,16	1881,00	228,64	79,04	0
15:00:00	17:00:00	15,5	19,0	10	1459	79,04	79,95	0,28	1654,31	82,82	4,68	1254,00	233,34	79,24	0
16:00:00	18:00:00	16,5	18,8	5	964	79,24	79,28	0,02	76,25	79,42	2,33	627,00	234,11	78,30	0
17:00:00	19:00:00	17,5	18,5	5	488	78,30	77,54	-0,72	0,00	77,54	2,37	627,00	230,52	77,28	0
18:00:00	20:00:00	18,5	18,0	5	192	77,28	76,02	-3,00	0,00	76,02	2,41	627,00	226,60	76,26	0
19:00:00	21:00:00	19,5	17,5	5	0	76,26	76,26	0,00	0,00	76,26	2,45	627,00	222,69	75,24	0
20:00:00	22:00:00	20,5	16,8	5	0	75,24	75,24	0,00	0,00	75,24	2,49	627,00	218,81	74,23	0
21:00:00	23:00:00	21,5	16,2	25	0	74,23	74,23	0,00	0,00	74,23	12,66	3135,00	214,94	70,22	0
22:00:00	0:00:00	22,5	15,5	25	0	70,22	70,22	0,00	0,00	70,22	13,58	3135,00	199,62	66,23	0
23:00:00	1:00:00	23,5	15,0	5	0	66,23	66,23	0,00	0,00	66,23	2,93	627,00	184,38	65,26	0

Tabla 17. Calores y temperaturas para ACS en junio

- Balance de calor en Junio:

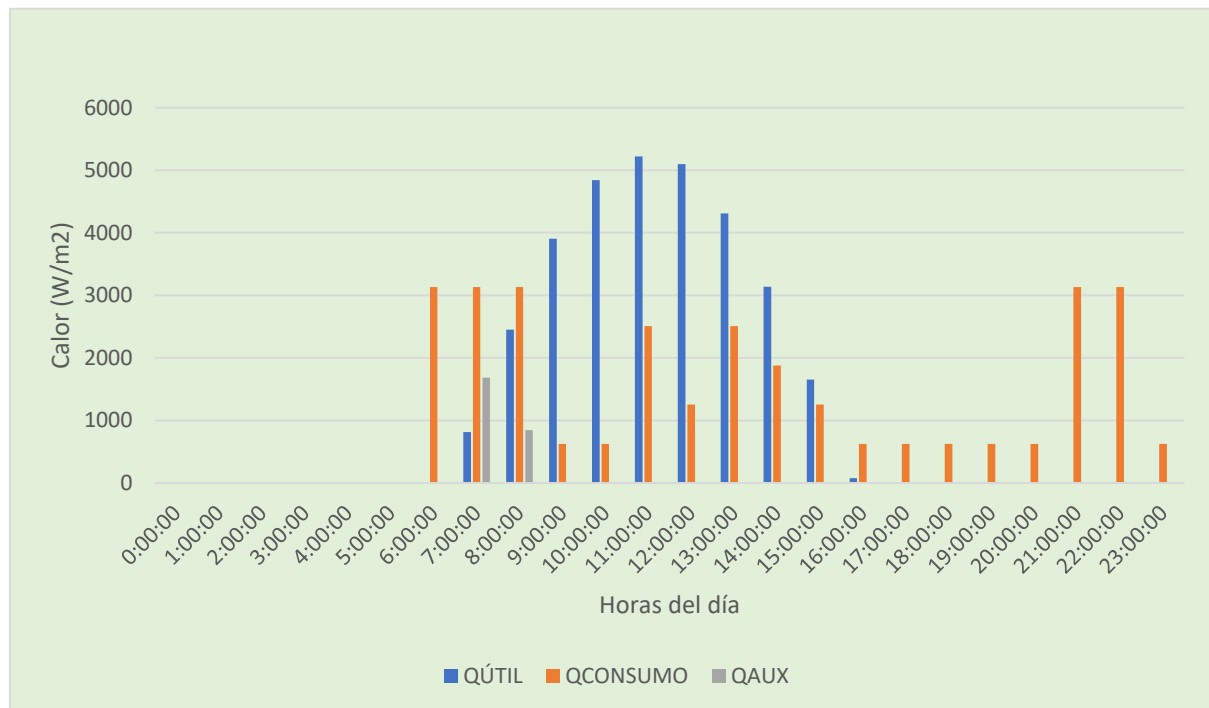


Ilustración 47. Balance de calores de ACS en junio

JULIO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Consumos	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	F. másico	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	16,5	0	0	68,81	68,81	0,00	0,00	68,81	0,00	0,00	194,22	68,57	0
1:00:00	3:00:00	1,5	16,2	0	0	68,57	68,57	0,00	0,00	68,57	0,00	0,00	193,33	68,34	0
2:00:00	4:00:00	2,5	16,0	0	0	68,34	68,34	0,00	0,00	68,34	0,00	0,00	192,45	68,11	0
3:00:00	5:00:00	3,5	16,0	0	0	68,11	68,11	0,00	0,00	68,11	0,00	0,00	191,57	67,88	0
4:00:00	6:00:00	4,5	16,2	0	0	67,88	67,88	0,00	0,00	67,88	0,00	0,00	190,69	67,66	0
5:00:00	7:00:00	5,5	16,5	0	169	67,66	66,57	-2,92	0,00	66,57	0,00	0,00	189,82	67,43	0
6:00:00	8:00:00	6,5	17,0	25	473	67,43	66,89	-0,52	0,00	66,89	14,10	3030,50	188,95	63,58	0
7:00:00	9:00:00	7,5	17,5	25	968	63,58	64,01	0,21	795,33	65,40	15,24	3030,50	174,23	60,70	0
8:00:00	10:00:00	8,5	18,2	25	1485	60,70	62,12	0,44	2596,84	66,63	16,22	3030,50	163,21	59,98	14,8975
9:00:00	11:00:00	9,5	18,8	5	1958	60,00	62,28	0,53	4154,44	69,49	3,30	606,10	160,55	64,05	0
10:00:00	12:00:00	10,5	19,5	5	2320	64,05	66,86	0,55	5128,65	75,77	3,02	606,10	176,04	69,25	0
11:00:00	13:00:00	11,5	20,0	20	2517	69,25	72,28	0,55	5520,98	81,86	10,89	2424,40	195,92	72,72	0
12:00:00	14:00:00	12,5	20,5	10	2517	72,72	75,67	0,53	5373,45	85,00	5,11	1212,20	209,18	77,45	0
13:00:00	15:00:00	13,5	20,8	20	2320	77,45	79,94	0,49	4537,99	87,81	9,44	2424,40	227,25	79,70	0
14:00:00	16:00:00	14,5	21,0	15	1958	79,70	81,51	0,42	3293,57	87,23	6,83	1818,30	235,88	81,19	0
15:00:00	17:00:00	15,5	21,0	10	1485	81,19	82,14	0,29	1729,41	85,14	4,45	1212,20	241,55	81,52	0
16:00:00	18:00:00	16,5	20,8	5	968	81,52	81,56	0,02	75,71	81,69	2,21	606,10	242,81	80,59	0
17:00:00	19:00:00	17,5	20,5	5	473	80,59	79,79	-0,77	0,00	79,79	2,24	606,10	239,27	79,58	0
18:00:00	20:00:00	18,5	20,0	5	169	79,58	78,27	-3,53	0,00	78,27	2,28	606,10	235,41	78,57	0
19:00:00	21:00:00	19,5	19,5	5	0	78,57	78,57	0,00	0,00	78,57	2,32	606,10	231,56	77,57	0
20:00:00	22:00:00	20,5	18,8	5	0	77,57	77,57	0,00	0,00	77,57	2,35	606,10	227,73	76,58	0
21:00:00	23:00:00	21,5	18,2	25	0	76,58	76,58	0,00	0,00	76,58	11,97	3030,50	223,92	72,68	0
22:00:00	0:00:00	22,5	17,5	25	0	72,68	72,68	0,00	0,00	72,68	12,79	3030,50	209,03	68,81	0
23:00:00	1:00:00	23,5	17,0	5	0	68,81	68,81	0,00	0,00	68,81	2,75	606,10	194,22	67,85	0

Tabla 18. Calores y temperaturas para ACS en julio

- Balance de calor en Julio:

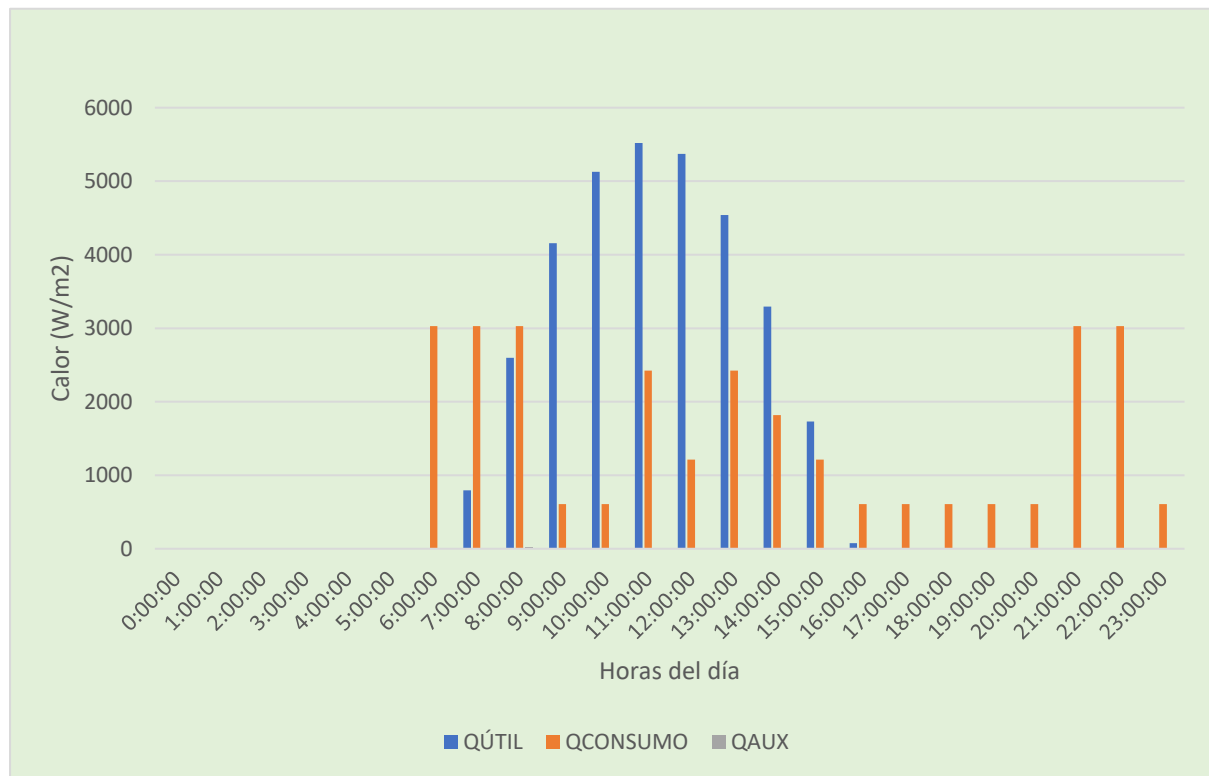


Ilustración 48. Balance de calores de ACS en julio

AGOSTO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Consumos	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	F. másico	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	16,5	0	0	66,17	66,17	0,00	0,00	66,17	0,00	0,00	180,33	65,96	0
1:00:00	3:00:00	1,5	16,2	0	0	65,96	65,96	0,00	0,00	65,96	0,00	0,00	179,51	65,74	0
2:00:00	4:00:00	2,5	16,0	0	0	65,74	65,74	0,00	0,00	65,74	0,00	0,00	178,68	65,53	0
3:00:00	5:00:00	3,5	16,0	0	0	65,53	65,53	0,00	0,00	65,53	0,00	0,00	177,87	65,32	0
4:00:00	6:00:00	4,5	16,2	0	0	65,32	65,32	0,00	0,00	65,32	0,00	0,00	177,05	65,10	0
5:00:00	7:00:00	5,5	16,5	0	75	65,10	63,93	-7,20	0,00	63,93	0,00	0,00	176,24	64,89	0
6:00:00	8:00:00	6,5	17,0	25	376	64,89	64,26	-0,77	0,00	64,26	15,03	3135,00	175,44	60,93	0
7:00:00	9:00:00	7,5	17,5	25	859	60,93	61,25	0,17	580,73	62,26	16,33	3135,00	160,30	57,69	1933,636
8:00:00	10:00:00	8,5	18,2	25	1378	60,00	61,26	0,42	2294,00	65,24	16,67	3135,00	156,73	58,81	997,7317
9:00:00	11:00:00	9,5	18,8	5	1862	60,00	62,11	0,52	3851,74	68,80	3,33	627,00	156,73	63,67	0
10:00:00	12:00:00	10,5	19,5	5	2237	63,67	66,35	0,55	4884,33	74,83	3,08	627,00	170,76	68,56	0
11:00:00	13:00:00	11,5	20,0	20	2442	68,56	71,47	0,54	5317,44	80,71	11,20	2508,00	189,45	71,69	0
12:00:00	14:00:00	12,5	20,5	10	2442	71,69	74,54	0,53	5186,37	83,54	5,29	1254,00	201,43	76,15	0
13:00:00	15:00:00	13,5	20,8	20	2237	76,15	78,53	0,48	4338,36	86,07	9,81	2508,00	218,49	78,08	0
14:00:00	16:00:00	14,5	21,0	15	1862	78,08	79,77	0,41	3070,42	85,10	7,13	1881,00	225,86	79,24	0
15:00:00	17:00:00	15,5	21,0	10	1378	79,24	80,05	0,27	1488,16	82,64	4,67	1254,00	230,26	79,24	0
16:00:00	18:00:00	16,5	20,8	5	859	79,24	79,15	-0,05	0,00	79,15	2,33	627,00	230,28	78,21	0
17:00:00	19:00:00	17,5	20,5	5	376	78,21	77,31	-1,10	0,00	77,31	2,37	627,00	226,36	77,19	0
18:00:00	20:00:00	18,5	20,0	5	75	77,19	75,79	-8,61	0,00	75,79	2,41	627,00	222,46	76,18	0
19:00:00	21:00:00	19,5	19,5	5	0	76,18	76,18	0,00	0,00	76,18	2,45	627,00	218,57	75,17	0
20:00:00	22:00:00	20,5	18,8	5	0	75,17	75,17	0,00	0,00	75,17	2,49	627,00	214,71	74,16	0
21:00:00	23:00:00	21,5	18,2	25	0	74,16	74,16	0,00	0,00	74,16	12,68	3135,00	210,86	70,16	0
22:00:00	0:00:00	22,5	17,5	25	0	70,16	70,16	0,00	0,00	70,16	13,60	3135,00	195,56	66,17	0
23:00:00	1:00:00	23,5	17,0	5	0	66,17	66,17	0,00	0,00	66,17	2,93	627,00	180,33	65,21	0

Tabla 19. Calores y temperaturas para ACS en agosto

- Balance de calor en Agosto:

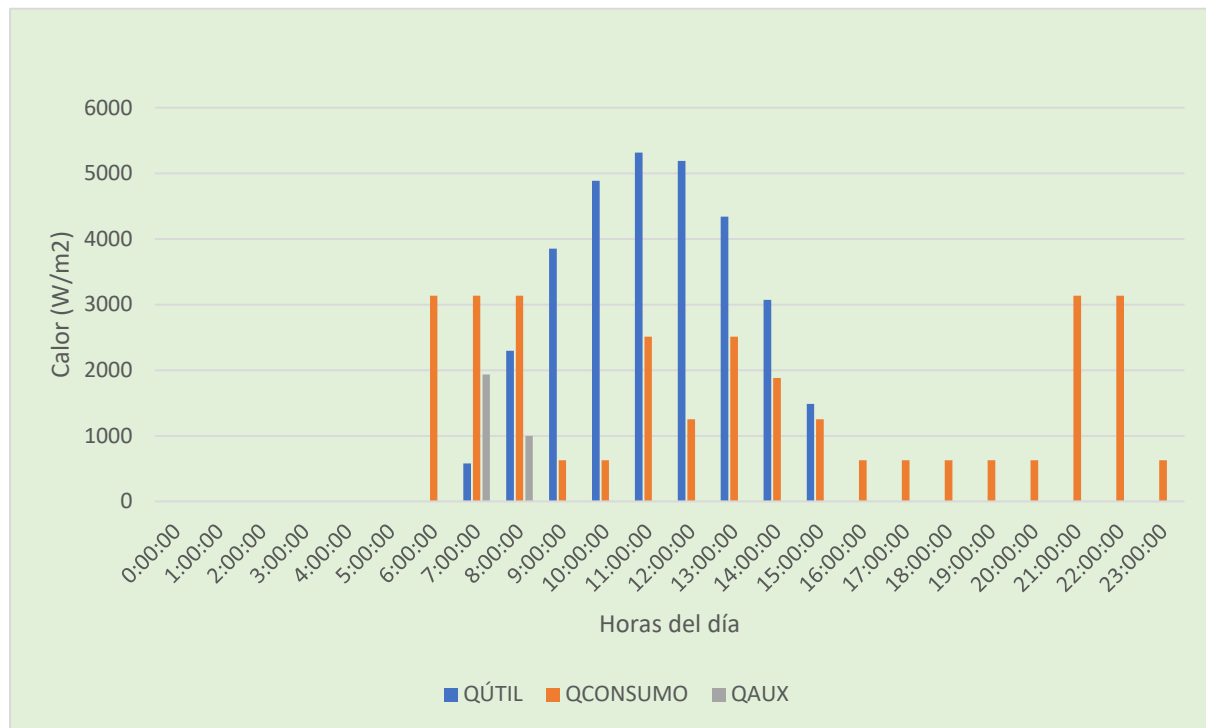


Ilustración 49. Balance de calores de ACS en agosto

SEPTIEMBRE

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Consumos	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	F. másico	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	15,5	0	0	66,42	66,42	0,00	0,00	66,42	0,00	0,00	185,11	66,20	0
1:00:00	3:00:00	1,5	15,2	0	0	66,20	66,20	0,00	0,00	66,20	0,00	0,00	184,26	65,98	0
2:00:00	4:00:00	2,5	15,0	0	0	65,98	65,98	0,00	0,00	65,98	0,00	0,00	183,42	65,76	0
3:00:00	5:00:00	3,5	15,0	0	0	65,76	65,76	0,00	0,00	65,76	0,00	0,00	182,58	65,54	0
4:00:00	6:00:00	4,5	15,2	0	0	65,54	65,54	0,00	0,00	65,54	0,00	0,00	181,75	65,33	0
5:00:00	7:00:00	5,5	15,5	0	0	65,33	65,33	0,00	0,00	65,33	0,00	0,00	180,91	65,11	0
6:00:00	8:00:00	6,5	16,0	25	241	65,11	64,20	-1,72	0,00	64,20	15,16	3239,50	180,09	61,02	0
7:00:00	9:00:00	7,5	16,5	25	758	61,02	61,13	0,07	207,74	61,49	16,48	3239,50	164,45	57,20	2343,8
8:00:00	10:00:00	8,5	17,2	25	1338	60,00	61,16	0,40	2117,01	64,84	16,85	3239,50	160,55	58,47	1283
9:00:00	11:00:00	9,5	17,8	5	1893	60,00	62,14	0,51	3898,72	68,91	3,37	647,90	160,55	63,70	0
10:00:00	12:00:00	10,5	18,5	5	2329	63,70	66,51	0,55	5124,95	75,40	3,12	647,90	174,68	68,84	0
11:00:00	13:00:00	11,5	19,0	20	2570	68,84	71,94	0,55	5658,20	81,77	11,31	2591,60	194,36	72,28	0
12:00:00	14:00:00	12,5	19,5	10	2570	72,28	75,30	0,54	5512,33	84,87	5,32	1295,80	207,49	77,07	0
13:00:00	15:00:00	13,5	19,8	20	2329	77,07	79,56	0,49	4535,20	87,43	9,83	2591,60	225,82	79,13	0
14:00:00	16:00:00	14,5	20,0	15	1862	79,13	80,76	0,40	2970,08	85,91	7,14	1943,70	233,68	80,08	0
15:00:00	17:00:00	15,5	20,0	10	1378	80,08	80,84	0,25	1397,85	83,27	4,69	1295,80	237,30	79,92	0
16:00:00	18:00:00	16,5	19,8	5	859	79,92	79,78	-0,07	0,00	79,78	2,35	647,90	236,68	78,86	0
17:00:00	19:00:00	17,5	19,5	5	376	78,86	77,91	-1,15	0,00	77,91	2,39	647,90	232,64	77,80	0
18:00:00	20:00:00	18,5	19,0	5	75	77,80	76,35	-8,88	0,00	76,35	2,43	647,90	228,61	76,76	0
19:00:00	21:00:00	19,5	18,5	5	0	76,76	76,76	0,00	0,00	76,76	2,47	647,90	224,60	75,71	0
20:00:00	22:00:00	20,5	17,8	5	0	75,71	75,71	0,00	0,00	75,71	2,51	647,90	220,61	74,67	0
21:00:00	23:00:00	21,5	17,2	25	0	74,67	74,67	0,00	0,00	74,67	12,77	3239,50	216,64	70,54	0
22:00:00	0:00:00	22,5	16,5	25	0	70,54	70,54	0,00	0,00	70,54	13,71	3239,50	200,84	66,42	0
23:00:00	1:00:00	23,5	16,0	5	0	66,42	66,42	0,00	0,00	66,42	2,96	647,90	185,11	65,43	0

Tabla 20. Calores y temperaturas para ACS en septiembre

- Balance de calor en Septiembre:

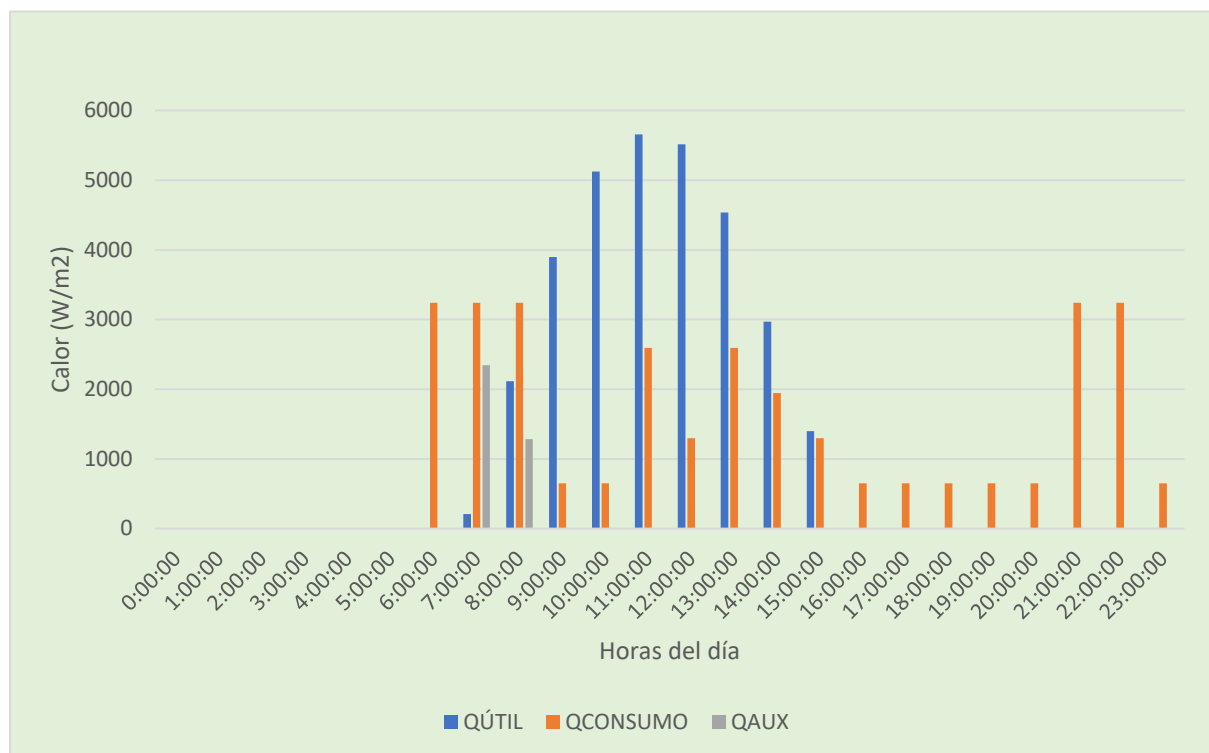


Ilustración 50. Balance de calores de ACS en septiembre

OCTUBRE

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Consumos	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	F. másico	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	10,7	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,0213
1:00:00	3:00:00	1,5	10,3	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,0213
2:00:00	4:00:00	2,5	10,0	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,0213
3:00:00	5:00:00	3,5	10,0	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,0213
4:00:00	6:00:00	4,5	10,3	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,0213
5:00:00	7:00:00	5,5	10,7	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,0213
6:00:00	8:00:00	6,5	11,4	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,02	3344,00	172,02	55,79	3516,021
7:00:00	9:00:00	7,5	12,2	25	533	60,00	59,63	-0,31	0,00	59,63	17,02	3344,00	172,02	55,79	3516,021
8:00:00	10:00:00	8,5	13,0	25	1077	60,00	60,60	0,25	1093,03	62,50	17,02	3344,00	172,02	57,10	2422,991
9:00:00	11:00:00	9,5	14,0	5	1614	60,00	61,55	0,44	2829,61	66,46	3,40	668,80	172,02	62,38	0
10:00:00	12:00:00	10,5	14,8	5	2043	62,38	64,63	0,50	4110,13	71,77	3,24	668,80	181,12	66,28	0
11:00:00	13:00:00	11,5	15,6	20	2282	66,28	68,86	0,52	4709,80	77,04	12,01	2675,20	196,02	68,48	0
12:00:00	14:00:00	12,5	16,3	10	2282	68,48	71,02	0,51	4633,63	79,06	5,77	1337,60	204,43	72,18	0
13:00:00	15:00:00	13,5	16,7	20	2043	72,18	74,22	0,46	3722,53	80,68	10,82	2675,20	218,57	73,17	0
14:00:00	16:00:00	14,5	17,0	15	1614	73,17	74,45	0,36	2331,60	78,49	7,98	2006,40	222,36	73,29	0
15:00:00	17:00:00	15,5	17,0	10	1077	73,29	73,64	0,15	633,80	74,74	5,31	1337,60	222,83	72,18	0
16:00:00	18:00:00	16,5	16,7	5	533	72,18	71,61	-0,49	0,00	71,61	2,70	668,80	218,59	71,12	0
17:00:00	19:00:00	17,5	16,3	5	0	71,12	71,12	0,00	0,00	71,12	2,75	668,80	214,53	70,06	0
18:00:00	20:00:00	18,5	15,6	5	0	70,06	70,06	0,00	0,00	70,06	2,80	668,80	210,49	69,01	0
19:00:00	21:00:00	19,5	14,8	5	0	69,01	69,01	0,00	0,00	69,01	2,86	668,80	206,47	67,97	0
20:00:00	22:00:00	20,5	14,0	5	0	67,97	67,97	0,00	0,00	67,97	2,91	668,80	202,47	66,92	0
21:00:00	23:00:00	21,5	13,0	25	0	66,92	66,92	0,00	0,00	66,92	14,84	3344,00	198,49	62,69	0
22:00:00	0:00:00	22,5	12,2	25	0	62,69	62,69	0,00	0,00	62,69	16,10	3344,00	182,29	58,47	1281,165
23:00:00	1:00:00	23,5	11,4	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,40	668,80	172,02	58,99	840,8213

Tabla 21. Calores y temperaturas para ACS en octubre

- Balance de calor en Octubre:

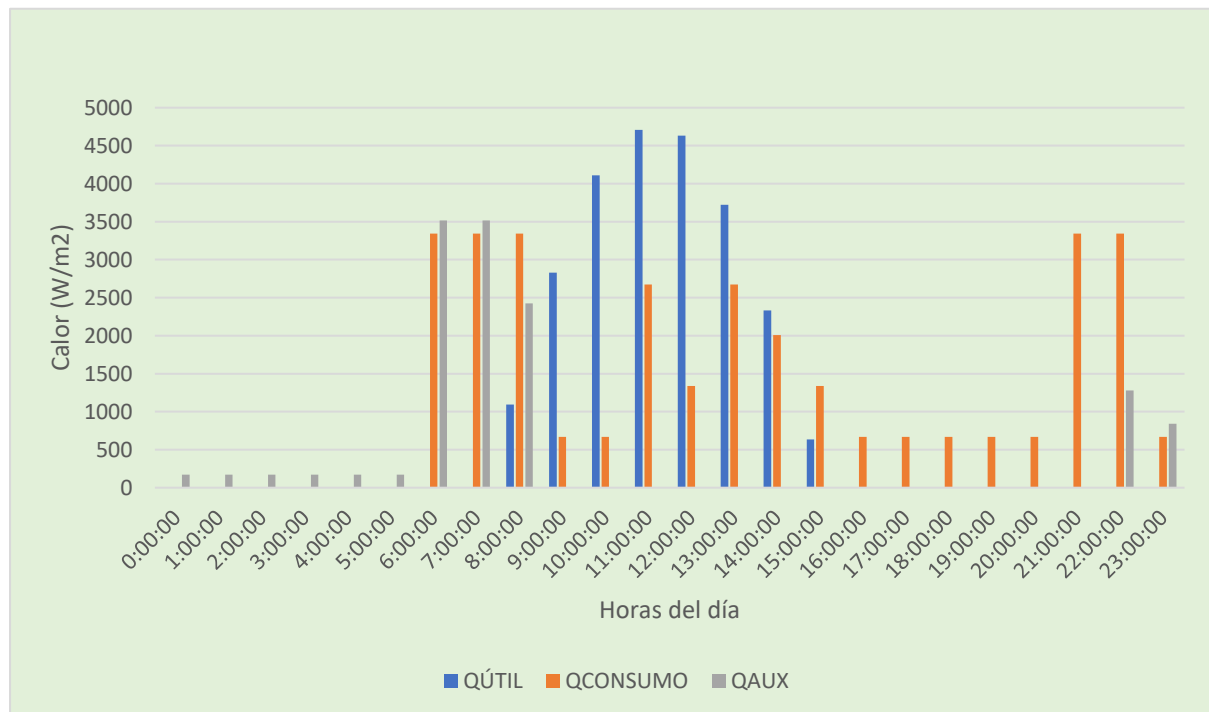


Ilustración 51. Balance de calores de ACS en octubre

NOVIEMBRE

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Consumos	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	F. másico	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	8,6	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
1:00:00	3:00:00	1,5	8,2	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
2:00:00	4:00:00	2,5	8,0	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
3:00:00	5:00:00	3,5	8,0	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
4:00:00	6:00:00	4,5	8,2	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
5:00:00	7:00:00	5,5	8,6	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	172,02	59,79	172,02128
6:00:00	8:00:00	6,5	9,2	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,35	3553,00	172,02	55,54	3725,0213
7:00:00	9:00:00	7,5	9,9	25	263	60,00	59,11	-1,55	0,00	59,11	17,35	3553,00	172,02	55,54	3725,0213
8:00:00	10:00:00	8,5	10,6	25	701	60,00	59,88	-0,08	0,00	59,88	17,35	3553,00	172,02	55,54	3725,0213
9:00:00	11:00:00	9,5	11,4	5	1149	60,00	60,68	0,27	1239,46	62,83	3,47	710,60	172,02	60,43	0
10:00:00	12:00:00	10,5	12,1	5	1514	60,43	61,75	0,40	2406,87	65,92	3,44	710,60	173,65	62,25	0
11:00:00	13:00:00	11,5	12,8	20	1719	62,25	63,89	0,44	2996,07	69,09	13,27	2842,40	180,62	62,22	0
12:00:00	14:00:00	12,5	13,4	10	1719	62,22	63,87	0,44	3024,81	69,13	6,64	1421,20	180,49	63,92	0
13:00:00	15:00:00	13,5	13,8	20	1514	63,92	65,19	0,38	2315,27	69,21	12,85	2842,40	187,00	63,06	0
14:00:00	16:00:00	14,5	14,0	15	1149	63,06	63,73	0,26	1215,86	65,84	9,80	2131,80	183,73	61,75	0
15:00:00	17:00:00	15,5	14,0	10	701	61,75	61,68	-0,05	0,00	61,68	6,70	1421,20	178,71	59,83	138,08
16:00:00	18:00:00	16,5	13,8	5	263	60,00	59,21	-1,36	0,00	59,21	3,47	710,60	172,02	58,94	882,62128
17:00:00	19:00:00	17,5	13,4	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,47	710,60	172,02	58,94	882,62128
18:00:00	20:00:00	18,5	12,8	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,47	710,60	172,02	58,94	882,62128
19:00:00	21:00:00	19,5	12,1	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,47	710,60	172,02	58,94	882,62128
20:00:00	22:00:00	20,5	11,4	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,47	710,60	172,02	58,94	882,62128
21:00:00	23:00:00	21,5	10,6	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,35	3553,00	172,02	55,54	3725,0213
22:00:00	0:00:00	22,5	9,9	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,35	3553,00	172,02	55,54	3725,0213
23:00:00	1:00:00	23,5	9,2	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,47	710,60	172,02	58,94	882,62128

Tabla 22. Calores y temperaturas para ACS en noviembre

- Balance de calor en Noviembre:



Ilustración 52. Balance de calores de ACS en noviembre

DICIEMBRE

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Consumos	Rad (kJ/m ²)	T _{DBP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	F. másico	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DBP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	6,6	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	206,43	59,75	206,4255
1:00:00	3:00:00	1,5	6,2	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	206,43	59,75	206,4255
2:00:00	4:00:00	2,5	6,0	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	206,43	59,75	206,4255
3:00:00	5:00:00	3,5	6,0	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	206,43	59,75	206,4255
4:00:00	6:00:00	4,5	6,2	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	206,43	59,75	206,4255
5:00:00	7:00:00	5,5	6,6	0	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00	206,43	59,75	206,4255
6:00:00	8:00:00	6,5	7,2	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,79	3866,50	206,43	55,13	4072,926
7:00:00	9:00:00	7,5	7,9	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,79	3866,50	206,43	55,13	4072,926
8:00:00	10:00:00	8,5	8,6	25	726	60,00	59,87	-0,08	0,00	59,87	17,79	3866,50	206,43	55,13	4072,926
9:00:00	11:00:00	9,5	9,4	5	1215	60,00	60,74	0,28	1348,91	63,08	3,56	773,30	206,43	60,44	0
10:00:00	12:00:00	10,5	10,1	5	1617	60,44	61,88	0,41	2631,07	66,45	3,53	773,30	208,11	62,41	0
11:00:00	13:00:00	11,5	10,8	20	1843	62,41	64,21	0,44	3279,85	69,91	13,60	3093,20	215,66	62,38	0
12:00:00	14:00:00	12,5	11,4	10	1843	62,38	64,19	0,45	3308,71	69,94	6,80	1546,60	215,52	64,23	0
13:00:00	15:00:00	13,5	11,8	20	1617	64,23	65,61	0,39	2524,89	70,00	13,16	3093,20	222,60	63,28	0
14:00:00	16:00:00	14,5	12,0	15	1215	63,28	64,00	0,27	1314,51	66,29	10,04	2319,90	218,98	61,82	0
15:00:00	17:00:00	15,5	12,0	10	726	61,82	61,73	-0,05	0,00	61,73	6,87	1546,60	213,38	59,71	238,8216
16:00:00	18:00:00	16,5	11,8	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,56	773,30	206,43	58,83	979,7255
17:00:00	19:00:00	17,5	11,4	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,56	773,30	206,43	58,83	979,7255
18:00:00	20:00:00	18,5	10,8	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,56	773,30	206,43	58,83	979,7255
19:00:00	21:00:00	19,5	10,1	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,56	773,30	206,43	58,83	979,7255
20:00:00	22:00:00	20,5	9,4	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,56	773,30	206,43	58,83	979,7255
21:00:00	23:00:00	21,5	8,6	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,79	3866,50	206,43	55,13	4072,926
22:00:00	0:00:00	22,5	7,9	25	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	17,79	3866,50	206,43	55,13	4072,926
23:00:00	1:00:00	23,5	7,2	5	0	60,00	60,00	0,00	0,00	60,00	3,56	773,30	206,43	58,83	979,7255

Tabla 23. Calores y temperaturas para ACS en diciembre

- Balance de calor en Diciembre:



Ilustración 53. Balance de calores de ACS en diciembre

Ahora, por último, se calcularán las coberturas de los distintos meses para cubrir el agua caliente sanitaria mediante la instalación que se trata. Esto se realizará de la siguiente forma:

- Calcular el calor de consumo total en un día promedio del mes, mediante el sumatorio de calores consumidos en cada hora.

$$Q_{cons-total} = \sum Q_{cons} \quad (17)$$

- Calcular el calor auxiliar total necesitado en un día promedio del mes, mediante el sumatorio de calores auxiliares aportados en cada hora.

$$Q_{aux-total} = \sum Q_{aux} \quad (18)$$

- Ahora, calcular la cobertura mediante una relación entre ambos calores mencionados, según la siguiente fórmula:

$$Cobertura F (\%) = \frac{Q_{cons-total} - Q_{aux-total}}{Q_{cons-total}} \cdot 100 \quad (19)$$

Entonces, se expresarán estos valores en tabla y gráfica:

Enero	18,16
Febrero	39,58
Marzo	64,98
Abril	70,91
Mayo	81,84
Junio	91,59
Julio	99,95
Agosto	90,26
Septiembre	88,34
Octubre	60,72
Noviembre	26,44
Diciembre	25,32

Tabla 24. Coberturas medias mensuales



Ilustración 54. Coberturas mensuales de ACS

1.17.2. Distancia entre los captadores

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios establece que los captadores deben orientarse de cara al sur geográfico, admitiendo variaciones no demasiado importantes, siempre menores de 25 grados de desviación respecto al sur en el plano horizontal. En cuanto a la inclinación respecto al suelo, éste se determina en función de la latitud de la ciudad en que se encuentra (β) y del tiempo de uso de la instalación. Para la presente instalación, esta inclinación será de 45 grados respecto al plano horizontal.

Por último, también se deberá calcular la distancia a la que se deben situar las distintas filas de captadores entre sí, si es que es necesario para la instalación. Esta se calculará según la fórmula:

$$d = k \cdot h \quad (20)$$

Siendo:

k coeficiente que se obtiene de tabla

h altura del colector

INCLINACIÓN	20	25	30	35	40	45	50	55
COEF. K	1.532	1.638	1.732	1.831	1.879	1.932	1.970	1.992

Tabla 25. Coeficiente K según inclinación de colectores

Los captadores que se emplearán estarán inclinados 45° , de modo que el coeficiente k será de valor 1,932. Entonces, falta determinar h .

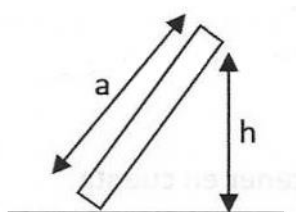


Ilustración 55. Esquema de tamaño de colectores

Estos captadores tendrán longitud $a = 1,73 \text{ m}$, por lo que h se obtendrá:

$$h = a \cdot \sin(\alpha) = 1,73 \cdot \sin(45) = 1,23 \text{ m} \quad (21)$$

Entonces, recuperando la ecuación (20), se obtiene la distancia d :

$$d = k \cdot h = 1,932 \cdot 1,23 = 2,38 \text{ metros}$$

1.17.3. Dimensionamiento del acumulador

Según se dice en el CTE, el sistema de acumulación solar tiene que dimensionarse según la cantidad de energía que aporta durante el día, además de según la potencia de los captadores solares, de modo que debe preverse una acumulación acorde a la demanda. Además, hay que tener en cuenta también la superficie de captación, ya que, si es demasiado grande en relación con el tamaño del depósito, se obtendrán temperaturas muy altas y una eficiencia demasiado baja; al igual que si ocurre al revés, se obtendrán temperaturas demasiado bajas para obtener una buena eficiencia.

El Código Técnico indica que, para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

De esta forma se ve la relevancia que tiene el área total de captación de cara al cálculo del volumen de almacenamiento. En esta instalación de ACS se tendrán 4 m² de superficie, de modo que habrá que tener un acumulador cuyo volumen de almacenaje esté entre estos valores:

$$200 L < V < 720 L$$

En la instalación de estudio, valdrá conformarse con el mínimo establecido por el CTE, que será un acumulador de 200 litros para todos los días del año.

1.18. CÁLCULOS PARA CALEFACCIÓN

1.18.1. Cargas térmicas de calefacción

De cara al dimensionamiento de la instalación de calefacción se deben calcular previamente los calores que se deben suministrar a causa de las pérdidas térmicas de calefacción, y también debido a las cargas de ventilación. Entonces, hay que basarse en la CTE para realizar los cálculos pertinentes.

Todas estas cargas térmicas más las cargas debidas a la ventilación necesaria en la vivienda, suponen el total de cargas térmicas que será necesario cubrir mediante la calefacción por suelo radiante, de cara a obtener el confort buscado. Esto será expresado en la unidad del sistema internacional (vatio, W). De modo que se tendrá:

$$Q_{cal} = Q_{tran} + Q_{vent} \quad (22)$$

Siendo estas:

Q_{cal} Cargas térmicas de calefacción

Q_{tran} Cargas de transmisión de calor a través de cerramientos

Q_{vent} Cargas térmicas de ventilación

1.18.2. Cargas de transmisión de calor

Estas consistirán en las cargas térmicas que supondrán las pérdidas de calor a través de los cerramientos (fachadas, cubierta, solera...) y los huecos, lucernarios y puertas; que en esta vivienda serán 7 ventanas y ningún lucernario.

De cara a calcular los calores perdidos será necesario conocer las distintas temperaturas interiores concretas de cada estancia de la vivienda, que según el CTE:

LOCALES	Temperaturas °C	LOCALES	Temperaturas °C
Viviendas		Hoteles	
Cuartos de estar	20 a 24	Habitaciones	20 a 24
Comedores	20 a 24	Comedores	22
Otras dependencias ocupadas permanentemente	20	Aseos	20
Dormitorios	20	Áreas de circulación	18
Cocinas	18		
Cuartos de baño	21 a 24	Oficinas	
Vestíbulos y pasillos	20	Despachos	20 a 24
Escuelas colegios		Sala Conferencias	20 a 22
Aulas	20 a 22	Áreas de circulación	18
Locales de reunión	20		
Comedores	20 a 22	Sanatorios, Clínicas, Hospitales	
Gimnasio	15	Salas y habitaciones de enfermos	20 a 24
Aseos	21 a 24	Salas de operaciones	28 a 32
Botiquín	21 a 24	Salas de espera	20
Vestíbulos, pasillos, áreas de circulación	18		
Teatro, Cines	20	Tiendas, Comercios	20
Restaurantes	20		

Tabla 26. Temperatura interior de las estancias

Por otro lado, es necesario conocer la temperatura exterior promedio de la ciudad en que se encuentra la vivienda y, por tanto, la instalación. Habrá dos opciones de la siguiente tabla (obtenida de datos del CTE), según el porcentaje de precisión, ya sea del 99% o del 97,5%:

LOCALIDAD	Longitud Latitud Altura (s.n.m.)	CONDICIONES DE INVIERNO					CONDICIONES DE VERANO						
		T S (°C)		GD anuales	Viento dominante (año) dir V		T S y T H media coincidente (°C)			T H (°C)			OMD (°C)
		99 %	97,5 %				1 %	2,5 %	5 %	1 %	2,5 %	5 %	
Las Palmas (Gando)	15° 32' W 27° 56' N 10 m	12,1	12,7	1	N	6,7	29,4/22,0	27,7/21,7	26,5/21,1	23,5	22,8	22,1	5,9
Logroño (Agoncillo)	2° 17' W 42° 27' N 345 m	-1,8	-0,6	1.506	W	4,4	33,7/20,9	31,8/20,2	29,7/19,4	22,7	21,0	20,0	12,5
Madrid (Barajas)	3° 34' W 40° 28' N 595 m	-4,2	-3,4	1.555	N	4,4	35,5/20,2	34,2/19,9	32,7/19,6	21,2	20,5	19,9	15,8
Mahón (Aeropuerto)	4° 13' E 39° 52' N 82 m	4,7	5,5	558	N	8,0	30,0/22,7	28,8/22,0	27,7/21,7	23,9	23,3	22,7	8,1
Málaga (El Rompedizo)	4° 28' W 36° 39' N 12 m	3,4	4,3	487	NW	4,4	33,2/20,4	31,3/21,1	29,7/20,7	24,0	23,5	23,0	9,8
Oviedo (El Cristo)	5° 52' W 43° 21' N 336 m	-0,5	0,2	1.462	NW	-	26,7/20,5	24,5/19,6	23,0/18,8	20,9	19,9	19,1	8,5
Palma de Mallorca (Son San Juan)	2° 44' E 39° 33' N 2 m	-0,7	0,2	844	ENE	5,4	32,0/23,7	30,7/23,1	29,7/22,8	25,2	24,4	23,8	12,1
Salamanca (Matagorda)	5° 29' W 40° 57' N 789 m	-6,3	-5,0	2.030	W	5,5	32,4/19,8	31,1/19,9	29,7/19,2	21,0	20,2	19,4	15,6
Santander (Ciudad)	3° 49' W 43° 28' N 64 m	3,1	3,8	985	W	5,2	24,5/19,7	24,1/19,7	23,1/19,6	21,2	20,4	19,8	5,9
Santiago (Aeropuerto)	8° 26' W 42° 54' N 316 m	-1,1	-0,1	1.540	SW	6,8	29,5/20,7	27,2/20,1	25,1/19,2	21,1	20,1	19,1	10,9
Sevilla (Aeropuerto)	5° 53' W 37° 25' N 20 m	0,4	1,5	580	SW	5,6	37,8/23,8	36,4/23,6	35,1/22,6	25,0	24,3	23,4	15,7

Tabla 27. Temperatura exterior de Santander según precisiones

Ahora, ya teniendo las temperaturas exterior e interiores promedio, se procederá al cálculo genérico de los calores perdidos de cada estancia. Para ello, se empleará la siguiente fórmula:

$$Q = (U_{par} \cdot A_{par} + U_{ven} \cdot A_{ven} + U_{puer} \cdot A_{puer}) \cdot (T_{int} - T_{ext}) \quad (23)$$

Siendo:

U_{par} Coeficiente de transmisión de calor de la pared de la estancia

A_{par} Superficie de la pared de la estancia

U_{ven} Coeficiente de transmisión de calor a través de las ventanas en la estancia

A_{ven} Superficie de ventanas de la estancia

U_{puer} Coeficiente de transmisión de calor de las puertas en la estancia

A_{puer} Superficie de puertas de la estancia

De esta forma, empleando la ecuación (23), ya se podrán realizar los cálculos para las distintas estancias de cada una de las plantas de la vivienda.

Planta baja:

- Vestíbulo: (pared Este + pared Sur + ventana + puerta)

$$Q = (0,29 \cdot (11,01 + 6,33) + 1,84 \cdot 1,2 + 2,2 \cdot 2,73) \cdot (20 - 3,1) = 223,80 \text{ W}$$

- Salón: (pared Sur + ventana)

$$Q = (0,29 \cdot 8,98 + 1,84 \cdot 1,56) \cdot (20 - 3,1) = 92,52 \text{ W}$$

- Cocina: (pared Norte + ventana)

$$Q = (0,29 \cdot 9,34 + 1,84 \cdot 1,2) \cdot (18 - 3,1) = 73,26 \text{ W}$$

- Baño: (pared Norte + pared Este + ventana)

$$Q = (0,29 \cdot (7,86 + 8,43) + 1,84 \cdot 1,2) \cdot (24 - 3,1) = 144,88 \text{ W}$$

- Solera: (cocina + salón + baño + vestíbulo)

$$Q = 0,29 [14,43 (18 - 8) + 12,53 (20 - 8) + 9,47 (24 - 8) + 13,72 (20 - 8)] \\ = 177,14 \text{ W}$$

Planta primera:

- Dormitorio 1: (pared Este + pared Sur + puerta)

$$Q = (0,29 \cdot (9,34 + 6,84) + 2,2 \cdot 2,5) \cdot (20 - 3,1) = 172,25 \text{ W}$$

- Dormitorio 2: (pared Sur + ventana)

$$Q = (0,29 \cdot 7 + 1,84 \cdot 1,56) \cdot (20 - 3,1) = 82,82 \text{ W}$$

- Dormitorio 3: (pared Norte + ventana)

$$Q = (0,29 \cdot 7,36 + 1,84 \cdot 1,2) \cdot (20 - 3,1) = 73,39 \text{ W}$$

- Dormitorio 4: (pared Norte + pared Este + ventana)

$$Q = (0,29 \cdot (9,42 + 6) + 1,84 \cdot 1,2) \cdot (20 - 3,1) = 112,89 \text{ W}$$

- Distribuidor: (pared Este)

$$Q = (0,29 \cdot 4,59) \cdot (20 - 3,1) = 22,50 \text{ W}$$

- Techo: (dormitorio3 + dormitorio2 + dormitorio4 + dormitorio1 + distribuidor)

$$Q = 0,29 \cdot [(10,22 + 10,34 + 8,25 + 12,84 + 8,02) \cdot (20 - 15)] = 72,02 \text{ W}$$

- Cubierta:

$$Q = (0,22 \cdot 54,46) \cdot (15 - 3,1) = 142,58 \text{ W}$$

Entonces, el resultado del promedio de estos cálculos de pérdidas de calor por transmisión a través de cerramientos serían unos 1250 vatios (W).

1.18.3. Cargas de renovación de aire

Estas consistirán en las cargas de ventilación que se realizan para mantener unas condiciones adecuadas dentro del local en cuanto a la calidad del aire. Puede ser, a efectos del aire, natural mediante infiltraciones y entradas de aire a través de rendijas de puertas y ventanas; o forzada. Son una parte de las cargas térmicas de la vivienda que luego deberán ser cubiertas mediante la calefacción, consisten en pérdidas de energía derivadas del acondicionamiento de aire.

Ahora se pueden hacer una estimación según el método actual del CTE. Se presenta la siguiente tabla:

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ⁽¹⁾ ⁽²⁾			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

Tabla 28. Caudal mínimo en l/s de la vivienda

En base a esta tabla, se tiene que calcular el caudal de los locales secos y en los húmedos:

- Caudal de locales secos:

- Dormitorio principal: 8 l/s por 1 dormitorios= 8 l/s.
- Resto de dormitorios: 4 l/s por 3 dormitorios= 12 l/s.
- Salas de estar y comedores: 10 l/s x 1 salón-comedor= 10 l/s.
- Caudal total de locales secos: **30 l/s**

- Caudal de locales húmedos:

- Mínimo en total: 33 l/s.
- Mínimo por local: 8 l/s por 1 baño + 8 l/s por 1 cocina = 16 l/s < 33 l/s.
- Caudal total de locales húmedos: **33 l/s** > 30 l/s.

Por tanto, el caudal necesario será de 33 l/s tanto para la admisión como para la extracción. Seguido, para el cálculo de las renovaciones por hora se emplea un factor de 3,6 para el cambio de unidades (3600s/1000l=m³/h) y se divide entre el volumen de la vivienda en m³.

Esta vivienda tiene un volumen de 280,51 m³ (50,15m² · 2,84m + 49,67m² · 2,78m). De este modo, se tendrá un número de renovaciones a la hora en la vivienda tratada como unidad de ventilación de:

$$33 \frac{l}{s} \cdot \frac{3600s}{1h} \cdot \frac{1m^3}{1000l} = 118,8 \frac{m^3}{h} \rightarrow \rightarrow \frac{118,8 \frac{m^3}{h}}{280,51m^3} = 0,424 \frac{\text{renovaciones}}{\text{hora}}$$

Sin embargo, se deberá estudiar la vivienda estancia a estancia, de modo que se pueda obtener el número de renovaciones de aire a la hora para cada una de las habitaciones. De esta forma, en base a la temperatura exterior de 3.1°C y todas las temperaturas interiores de los locales, esto se calculará mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q = n \cdot \rho \cdot V_a \cdot c_p \cdot (T_{int} - T_{ext}) \quad (24)$$

Siendo:

n número de renovaciones de aire por hora obtenidas de la norma UNE

V_a volumen del local a calefactar (m³)

ρ densidad del aire (kg/m³)

c_p calor específico a presión constante del aire ($J/kg K$)

T_{int} temperatura interior del local ($^{\circ}C$)

T_{ext} temperatura exterior de cálculo ($^{\circ}C$)

De esta forma, mediante la ecuación (24) se calcula el número de renovaciones por hora que se requieren para cada local sustituyendo el valor de ‘n’:

Planta baja:

- Vestíbulo: (pared Este + pared Sur + ventana + puerta)

$$Q = 0,4 \cdot 1,225 \cdot 38,96 \cdot 1,01 \cdot (20 - 3,1) = 325,85 W$$

- Salón: (pared Sur + ventana)

$$Q = 1,012 \cdot 1,225 \cdot 35,59 \cdot 1,01 \cdot (20 - 3,1) = 753,10 W$$

- Cocina: (pared Norte + ventana)

$$Q = 0,703 \cdot 1,225 \cdot 40,98 \cdot 1,01 \cdot (18 - 3,1) = 531,09 W$$

- Baño: (pared Norte + pared Este + ventana)

$$Q = 1,071 \cdot 1,225 \cdot 26,89 \cdot 1,01 \cdot (24 - 3,1) = 744,70 W$$

Planta primera:

- Dormitorio 1: (pared Este + pared Sur + puerta)

$$Q = 0,807 \cdot 1,225 \cdot 35,70 \cdot 1,01 \cdot (20 - 3,1) = 602,40 W$$

- Dormitorio 2: (pared Sur + ventana)

$$Q = 0,501 \cdot 1,225 \cdot 28,75 \cdot 1,01 \cdot (20 - 3,1) = 301,17 \text{ W}$$

- Dormitorio 3: (pared Norte + ventana)

$$Q = 0,507 \cdot 1,225 \cdot 28,41 \cdot 1,01 \cdot (20 - 3,1) = 301,18 \text{ W}$$

- Dormitorio 4: (pared Norte + pared Este + ventana)

$$Q = 0,628 \cdot 1,225 \cdot 22,94 \cdot 1,01 \cdot (20 - 3,1) = 301,23 \text{ W}$$

- Distribuidor: (pared Este)

$$Q = 0,4 \cdot 1,225 \cdot 22,3 \cdot 1,01 \cdot (20 - 3,1) = 186,51 \text{ W}$$

Entonces, el resultado del promedio de estos cálculos de pérdidas de calor por renovación de aire o ventilación de las estancias de la vivienda serían unos 4050 W. El total del calor que se debe aportar para cubrir las pérdidas de calor por transmisión de calor y por renovación de aire es aproximadamente 5300 W de forma promedio.

1.18.4. Cálculo de calores totales por hora

No obstante, una vez calculadas las demandas promedio máximas de las estancias a calefactar, se deben realizar hojas de cálculo modelizando la demanda por meses y por horas del día, de cara a obtener las demandas reales y más concretas. Esto se realizará debido a que, si se utilizasen estos valores máximos, la instalación estaría sobredimensionada y solo usaría la máxima potencia en un momento determinado y muy concreto del año.

Entonces, se calcularán hojas de cálculo para obtener las coberturas mensuales de calefacción tomando promedios de cada hora del día de todos los meses. Para ello,

hay que comentar previamente los parámetros que se mencionarán y calcularán en las hojas de cálculo:

- Hora solar.

Es la que marca la posición relativa del sol respecto de cada lugar.

- Hora civil.

Es la hora oficial que rige en una zona determinada de cada país.

- Tiempo en horas.

Se emplearán horas promedio. Por ello, al tratarse de intervalos de una hora, se calcularán las clases de cada intervalo, siendo por ejemplo 0.5 el intervalo entre las 0:00h y la 1.00h.

- Temperatura ambiente.

Es un valor de temperatura que oscila de forma sinusoidal, según una fórmula determinada.

- Calor demandado por las diferentes estancias.

Este calor tiene dos componentes, incluyendo tanto las cargas por pérdidas energéticas como las pérdidas por cargas de renovación de aire.

- Calor total demandado por la vivienda.

Este es la suma de los calores de carga térmica y de ventilación de las distintas estancias de la vivienda.

En las siguientes tablas se muestra el cálculo hora a hora de los calores totales perdidos en cada estancia y que, por tanto, serán los que habrá que introducir mediante el sistema de calefacción.

OCTUBRE

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Q _{VEST}	Q _{SALON}	Q _{COCINA}	Q _{BAÑO}	Q _{DORM_1}	Q _{DORM_2}	Q _{DORM_3}	Q _{DORM_4}	Q _{DISTRIB}	Q _{SOLERA}	Q _{Techo}	Q _{CONSUMO}
0:00:00	2:00:00	0,5	10,7	301,72	468,31	295,15	565,11	425,22	210,78	205,61	227,32	114,73	177,14	72,02	3063,10
1:00:00	3:00:00	1,5	10,3	316,57	491,37	313,68	584,55	446,16	221,16	215,73	238,51	120,38	177,14	72,02	3197,28
2:00:00	4:00:00	2,5	10,0	324,27	503,31	323,27	594,62	457,00	226,53	220,97	244,31	123,30	177,14	72,02	3266,74
3:00:00	5:00:00	3,5	10,0	324,27	503,31	323,27	594,62	457,00	226,53	220,97	244,31	123,30	177,14	72,02	3266,74
4:00:00	6:00:00	4,5	10,3	316,57	491,37	313,68	584,55	446,16	221,16	215,73	238,51	120,38	177,14	72,02	3197,28
5:00:00	7:00:00	5,5	10,7	301,72	468,31	295,15	565,11	425,22	210,78	205,61	227,32	114,73	177,14	72,02	3063,10
6:00:00	8:00:00	6,5	11,4	280,70	435,70	268,94	537,61	395,61	196,10	191,29	211,49	106,74	177,14	72,02	2873,33
7:00:00	9:00:00	7,5	12,2	254,97	395,75	236,85	503,93	359,34	178,12	173,75	192,10	96,95	177,14	72,02	2640,91
8:00:00	10:00:00	8,5	13,0	226,26	351,20	201,05	466,37	318,88	158,07	154,19	170,47	86,04	177,14	72,02	2381,69
9:00:00	11:00:00	9,5	14,0	196,55	305,07	163,99	427,48	277,00	137,31	133,94	148,08	74,74	177,14	72,02	2113,32
10:00:00	12:00:00	10,5	14,8	167,84	260,52	128,20	389,91	236,55	117,26	114,38	126,46	63,82	177,14	72,02	1854,09
11:00:00	13:00:00	11,5	15,6	142,11	220,57	96,10	356,23	200,28	99,28	96,84	107,07	54,04	177,14	72,02	1621,67
12:00:00	14:00:00	12,5	16,3	121,10	187,96	69,90	328,73	170,66	84,60	82,52	91,23	46,05	177,14	72,02	1431,91
13:00:00	15:00:00	13,5	16,7	106,24	164,90	51,37	309,29	149,72	74,22	72,40	80,04	40,40	177,14	72,02	1297,72
14:00:00	16:00:00	14,5	17,0	98,55	152,96	41,77	299,22	138,88	68,84	67,15	74,25	37,47	177,14	72,02	1228,26
15:00:00	17:00:00	15,5	17,0	98,55	152,96	41,77	299,22	138,88	68,84	67,15	74,25	37,47	177,14	72,02	1228,26
16:00:00	18:00:00	16,5	16,7	106,24	164,90	51,37	309,29	149,72	74,22	72,40	80,04	40,40	177,14	72,02	1297,72
17:00:00	19:00:00	17,5	16,3	121,10	187,96	69,90	328,73	170,66	84,60	82,52	91,23	46,05	177,14	72,02	1431,91
18:00:00	20:00:00	18,5	15,6	142,11	220,57	96,10	356,23	200,28	99,28	96,84	107,07	54,04	177,14	72,02	1621,67
19:00:00	21:00:00	19,5	14,8	167,84	260,52	128,20	389,91	236,55	117,26	114,38	126,46	63,82	177,14	72,02	1854,09
20:00:00	22:00:00	20,5	14,0	196,55	305,07	163,99	427,48	277,00	137,31	133,94	148,08	74,74	177,14	72,02	2113,32
21:00:00	23:00:00	21,5	13,0	226,26	351,20	201,05	466,37	318,88	158,07	154,19	170,47	86,04	177,14	72,02	2381,69
22:00:00	0:00:00	22,5	12,2	254,97	395,75	236,85	503,93	359,34	178,12	173,75	192,10	96,95	177,14	72,02	2640,91
23:00:00	1:00:00	23,5	11,4	280,70	435,70	268,94	537,61	395,61	196,10	191,29	211,49	106,74	177,14	72,02	2873,33

Tabla 29. Cálculo de cargas térmicas de calefacción en octubre

NOVIEMBRE

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Q _{VEST}	Q _{SALON}	Q _{COCINA}	Q _{BAÑO}	Q _{DORM_1}	Q _{DORM_2}	Q _{DORM_3}	Q _{DORM_4}	Q _{DISTRIB}	Q _{SOLERA}	Q _{Techo}	Q _{CONSUMO}
0:00:00	2:00:00	0,5	8,6	370,12	574,49	380,46	654,64	521,63	258,57	252,22	278,86	140,74	177,14	72,02	3680,89
1:00:00	3:00:00	1,5	8,2	382,86	594,26	396,34	671,30	539,58	267,47	260,90	288,45	145,58	177,14	72,02	3795,91
2:00:00	4:00:00	2,5	8,0	389,45	604,49	404,56	679,93	548,87	272,07	265,39	293,42	148,09	177,14	72,02	3855,45
3:00:00	5:00:00	3,5	8,0	389,45	604,49	404,56	679,93	548,87	272,07	265,39	293,42	148,09	177,14	72,02	3855,45
4:00:00	6:00:00	4,5	8,2	382,86	594,26	396,34	671,30	539,58	267,47	260,90	288,45	145,58	177,14	72,02	3795,91
5:00:00	7:00:00	5,5	8,6	370,12	574,49	380,46	654,64	521,63	258,57	252,22	278,86	140,74	177,14	72,02	3680,89
6:00:00	8:00:00	6,5	9,2	352,11	546,54	358,00	631,06	496,25	245,99	239,95	265,29	133,89	177,14	72,02	3518,24
7:00:00	9:00:00	7,5	9,9	330,05	512,30	330,49	602,20	465,16	230,58	224,92	248,67	125,50	177,14	72,02	3319,02
8:00:00	10:00:00	8,5	10,6	305,45	474,11	299,81	570,00	430,48	213,39	208,15	230,13	116,15	177,14	72,02	3096,83
9:00:00	11:00:00	9,5	11,4	279,98	434,57	268,04	536,66	394,59	195,60	190,79	210,94	106,46	177,14	72,02	2866,80
10:00:00	12:00:00	10,5	12,1	255,38	396,38	237,36	504,47	359,91	178,41	174,03	192,40	97,11	177,14	72,02	2644,60
11:00:00	13:00:00	11,5	12,8	233,32	362,15	209,85	475,60	328,82	163,00	159,00	175,78	88,72	177,14	72,02	2445,39
12:00:00	14:00:00	12,5	13,4	215,31	334,19	187,39	452,03	303,44	150,41	146,72	162,22	81,87	177,14	72,02	2282,73
13:00:00	15:00:00	13,5	13,8	202,57	314,42	171,50	435,36	285,49	141,52	138,04	152,62	77,03	177,14	72,02	2167,71
14:00:00	16:00:00	14,5	14,0	195,98	304,19	163,28	426,73	276,20	136,91	133,55	147,65	74,52	177,14	72,02	2108,18
15:00:00	17:00:00	15,5	14,0	195,98	304,19	163,28	426,73	276,20	136,91	133,55	147,65	74,52	177,14	72,02	2108,18
16:00:00	18:00:00	16,5	13,8	202,57	314,42	171,50	435,36	285,49	141,52	138,04	152,62	77,03	177,14	72,02	2167,71
17:00:00	19:00:00	17,5	13,4	215,31	334,19	187,39	452,03	303,44	150,41	146,72	162,22	81,87	177,14	72,02	2282,73
18:00:00	20:00:00	18,5	12,8	233,32	362,15	209,85	475,60	328,82	163,00	159,00	175,78	88,72	177,14	72,02	2445,39
19:00:00	21:00:00	19,5	12,1	255,38	396,38	237,36	504,47	359,91	178,41	174,03	192,40	97,11	177,14	72,02	2644,60
20:00:00	22:00:00	20,5	11,4	279,98	434,57	268,04	536,66	394,59	195,60	190,79	210,94	106,46	177,14	72,02	2866,80
21:00:00	23:00:00	21,5	10,6	305,45	474,11	299,81	570,00	430,48	213,39	208,15	230,13	116,15	177,14	72,02	3096,83
22:00:00	0:00:00	22,5	9,9	330,05	512,30	330,49	602,20	465,16	230,58	224,92	248,67	125,50	177,14	72,02	3319,02
23:00:00	1:00:00	23,5	9,2	352,11	546,54	358,00	631,06	496,25	245,99	239,95	265,29	133,89	177,14	72,02	3518,24

Tabla 30. Cálculo de cargas térmicas de calefacción en noviembre

DICIEMBRE

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Q _{VEST}	Q _{SALON}	Q _{COCINA}	Q _{BAÑO}	Q _{DORM_1}	Q _{DORM_2}	Q _{DORM_3}	Q _{DORM_4}	Q _{DISTRIB}	Q _{SOLERA}	Q _{TECHO}	Q _{CONSUMO}
0:00:00	2:00:00	0,5	6,6	435,17	675,46	461,58	739,76	613,31	304,01	296,55	327,87	165,48	177,14	72,02	4268,34
1:00:00	3:00:00	1,5	6,2	447,91	695,22	477,46	756,43	631,25	312,91	305,23	337,46	170,32	177,14	72,02	4383,36
2:00:00	4:00:00	2,5	6,0	454,50	705,46	485,68	765,06	640,55	317,52	309,72	342,43	172,83	177,14	72,02	4442,90
3:00:00	5:00:00	3,5	6,0	454,50	705,46	485,68	765,06	640,55	317,52	309,72	342,43	172,83	177,14	72,02	4442,90
4:00:00	6:00:00	4,5	6,2	447,91	695,22	477,46	756,43	631,25	312,91	305,23	337,46	170,32	177,14	72,02	4383,36
5:00:00	7:00:00	5,5	6,6	435,17	675,46	461,58	739,76	613,31	304,01	296,55	327,87	165,48	177,14	72,02	4268,34
6:00:00	8:00:00	6,5	7,2	417,16	647,50	439,12	716,19	587,92	291,43	284,28	314,30	158,63	177,14	72,02	4105,69
7:00:00	9:00:00	7,5	7,9	395,10	613,26	411,61	687,32	556,83	276,02	269,24	297,68	150,24	177,14	72,02	3906,47
8:00:00	10:00:00	8,5	8,6	370,50	575,07	380,93	655,13	522,16	258,83	252,48	279,14	140,88	177,14	72,02	3684,28
9:00:00	11:00:00	9,5	9,4	345,03	535,54	349,16	621,79	486,26	241,04	235,12	259,95	131,20	177,14	72,02	3454,24
10:00:00	12:00:00	10,5	10,1	320,42	497,35	318,48	589,59	451,59	223,85	218,35	241,41	121,84	177,14	72,02	3232,05
11:00:00	13:00:00	11,5	10,8	298,37	463,11	290,97	560,72	420,50	208,44	203,32	224,79	113,45	177,14	72,02	3032,84
12:00:00	14:00:00	12,5	11,4	280,35	435,15	268,51	537,15	395,11	195,86	191,05	211,22	106,61	177,14	72,02	2870,18
13:00:00	15:00:00	13,5	11,8	267,62	415,39	252,63	520,49	377,17	186,96	182,37	201,63	101,76	177,14	72,02	2755,16
14:00:00	16:00:00	14,5	12,0	261,03	405,15	244,40	511,86	367,87	182,35	177,88	196,66	99,26	177,14	72,02	2695,63
15:00:00	17:00:00	15,5	12,0	261,03	405,15	244,40	511,86	367,87	182,35	177,88	196,66	99,26	177,14	72,02	2695,63
16:00:00	18:00:00	16,5	11,8	267,62	415,39	252,63	520,49	377,17	186,96	182,37	201,63	101,76	177,14	72,02	2755,16
17:00:00	19:00:00	17,5	11,4	280,35	435,15	268,51	537,15	395,11	195,86	191,05	211,22	106,61	177,14	72,02	2870,18
18:00:00	20:00:00	18,5	10,8	298,37	463,11	290,97	560,72	420,50	208,44	203,32	224,79	113,45	177,14	72,02	3032,84
19:00:00	21:00:00	19,5	10,1	320,42	497,35	318,48	589,59	451,59	223,85	218,35	241,41	121,84	177,14	72,02	3232,05
20:00:00	22:00:00	20,5	9,4	345,03	535,54	349,16	621,79	486,26	241,04	235,12	259,95	131,20	177,14	72,02	3454,24
21:00:00	23:00:00	21,5	8,6	370,50	575,07	380,93	655,13	522,16	258,83	252,48	279,14	140,88	177,14	72,02	3684,28
22:00:00	0:00:00	22,5	7,9	395,10	613,26	411,61	687,32	556,83	276,02	269,24	297,68	150,24	177,14	72,02	3906,47
23:00:00	1:00:00	23,5	7,2	417,16	647,50	439,12	716,19	587,92	291,43	284,28	314,30	158,63	177,14	72,02	4105,69

Tabla 31. Cálculo de cargas térmicas de calefacción en diciembre

ENERO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Q _{VEST}	Q _{SALON}	Q _{COCINA}	Q _{BÑO}	Q _{DORM_1}	Q _{DORM_2}	Q _{DORM_3}	Q _{DORM_4}	Q _{DISTRIB}	Q _{SOLERA}	Q _{TECHO}	Q _{CONSUMO}
0:00:00	2:00:00	0,5	5,6	467,70	725,94	526,94	782,33	659,14	326,74	318,71	352,37	177,84	177,14	72,02	4586,87
1:00:00	3:00:00	1,5	5,2	480,43	745,71	543,61	798,99	677,09	335,63	327,39	361,96	182,69	177,14	72,02	4702,67
2:00:00	4:00:00	2,5	5,0	487,02	755,94	552,24	807,62	686,38	340,24	331,88	366,93	185,19	177,14	72,02	4762,61
3:00:00	5:00:00	3,5	5,0	487,02	755,94	552,24	807,62	686,38	340,24	331,88	366,93	185,19	177,14	72,02	4762,61
4:00:00	6:00:00	4,5	5,2	480,43	745,71	543,61	798,99	677,09	335,63	327,39	361,96	182,69	177,14	72,02	4702,67
5:00:00	7:00:00	5,5	5,6	467,70	725,94	526,94	782,33	659,14	326,74	318,71	352,37	177,84	177,14	72,02	4586,87
6:00:00	8:00:00	6,5	6,2	449,68	697,98	503,37	758,76	633,76	314,15	306,44	338,80	170,99	177,14	72,02	4423,10
7:00:00	9:00:00	7,5	6,9	427,63	663,74	474,50	729,89	602,67	298,74	291,41	322,18	162,61	177,14	72,02	4222,53
8:00:00	10:00:00	8,5	7,6	403,02	625,56	442,31	697,69	568,00	281,55	274,64	303,64	153,25	177,14	72,02	3998,82
9:00:00	11:00:00	9,5	8,4	377,55	586,02	408,97	664,36	532,10	263,76	257,28	284,45	143,57	177,14	72,02	3767,22
10:00:00	12:00:00	10,5	9,1	352,95	547,83	376,77	632,16	497,42	246,57	240,52	265,92	134,21	177,14	72,02	3543,51
11:00:00	13:00:00	11,5	9,8	330,89	513,59	347,91	603,29	466,34	231,16	225,49	249,30	125,82	177,14	72,02	3342,94
12:00:00	14:00:00	12,5	10,4	312,88	485,64	324,33	579,72	440,95	218,58	213,21	235,73	118,97	177,14	72,02	3179,17
13:00:00	15:00:00	13,5	10,8	300,14	465,87	307,67	563,05	423,00	209,68	204,53	226,13	114,13	177,14	72,02	3063,37
14:00:00	16:00:00	14,5	11,0	293,55	455,64	299,04	554,42	413,71	205,08	200,04	221,17	111,62	177,14	72,02	3003,43
15:00:00	17:00:00	15,5	11,0	293,55	455,64	299,04	554,42	413,71	205,08	200,04	221,17	111,62	177,14	72,02	3003,43
16:00:00	18:00:00	16,5	10,8	300,14	465,87	307,67	563,05	423,00	209,68	204,53	226,13	114,13	177,14	72,02	3063,37
17:00:00	19:00:00	17,5	10,4	312,88	485,64	324,33	579,72	440,95	218,58	213,21	235,73	118,97	177,14	72,02	3179,17
18:00:00	20:00:00	18,5	9,8	330,89	513,59	347,91	603,29	466,34	231,16	225,49	249,30	125,82	177,14	72,02	3342,94
19:00:00	21:00:00	19,5	9,1	352,95	547,83	376,77	632,16	497,42	246,57	240,52	265,92	134,21	177,14	72,02	3543,51
20:00:00	22:00:00	20,5	8,4	377,55	586,02	408,97	664,36	532,10	263,76	257,28	284,45	143,57	177,14	72,02	3767,22
21:00:00	23:00:00	21,5	7,6	403,02	625,56	442,31	697,69	568,00	281,55	274,64	303,64	153,25	177,14	72,02	3998,82
22:00:00	0:00:00	22,5	6,9	427,63	663,74	474,50	729,89	602,67	298,74	291,41	322,18	162,61	177,14	72,02	4222,53
23:00:00	1:00:00	23,5	6,2	449,68	697,98	503,37	758,76	633,76	314,15	306,44	338,80	170,99	177,14	72,02	4423,10

Tabla 32. Cálculo de cargas térmicas de calefacción en enero

FEBRERO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Q _{VEST}	Q _{SALON}	Q _{COCINA}	Q _{BAÑO}	Q _{DORM_1}	Q _{DORM_2}	Q _{DORM_3}	Q _{DORM_4}	Q _{DISTRIB}	Q _{SOLERA}	Q _{Techo}	Q _{CONSUMO}
0:00:00	2:00:00	0,5	6,5	438,53	680,67	488,78	744,16	618,04	306,36	298,84	330,40	166,75	177,14	72,02	4321,70
1:00:00	3:00:00	1,5	6,2	449,15	697,15	502,67	758,05	633,00	313,78	306,07	338,39	170,79	177,14	72,02	4418,20
2:00:00	4:00:00	2,5	6,0	454,64	705,67	509,86	765,24	640,74	317,61	309,82	342,53	172,88	177,14	72,02	4468,15
3:00:00	5:00:00	3,5	6,0	454,64	705,67	509,86	765,24	640,74	317,61	309,82	342,53	172,88	177,14	72,02	4468,15
4:00:00	6:00:00	4,5	6,2	449,15	697,15	502,67	758,05	633,00	313,78	306,07	338,39	170,79	177,14	72,02	4418,20
5:00:00	7:00:00	5,5	6,5	438,53	680,67	488,78	744,16	618,04	306,36	298,84	330,40	166,75	177,14	72,02	4321,70
6:00:00	8:00:00	6,5	7,0	423,52	657,38	469,14	724,52	596,89	295,88	288,61	319,09	161,05	177,14	72,02	4185,22
7:00:00	9:00:00	7,5	7,5	405,14	628,84	445,08	700,46	570,98	283,03	276,09	305,24	154,06	177,14	72,02	4018,08
8:00:00	10:00:00	8,5	8,2	384,64	597,02	418,25	673,63	542,09	268,71	262,11	289,79	146,26	177,14	72,02	3831,66
9:00:00	11:00:00	9,5	8,8	363,41	564,07	390,47	645,85	512,17	253,88	247,65	273,80	138,19	177,14	72,02	3638,66
10:00:00	12:00:00	10,5	9,5	342,91	532,25	363,64	619,02	483,28	239,56	233,68	258,35	130,39	177,14	72,02	3452,23
11:00:00	13:00:00	11,5	10,0	324,53	503,72	339,58	594,96	457,37	226,72	221,15	244,50	123,40	177,14	72,02	3285,09
12:00:00	14:00:00	12,5	10,5	309,52	480,42	319,94	575,32	436,22	216,23	210,92	233,20	117,70	177,14	72,02	3148,61
13:00:00	15:00:00	13,5	10,8	298,90	463,95	306,05	561,43	421,26	208,82	203,69	225,20	113,66	177,14	72,02	3052,11
14:00:00	16:00:00	14,5	11,0	293,41	455,42	298,86	554,24	413,52	204,98	199,95	221,06	111,57	177,14	72,02	3002,16
15:00:00	17:00:00	15,5	11,0	293,41	455,42	298,86	554,24	413,52	204,98	199,95	221,06	111,57	177,14	72,02	3002,16
16:00:00	18:00:00	16,5	10,8	298,90	463,95	306,05	561,43	421,26	208,82	203,69	225,20	113,66	177,14	72,02	3052,11
17:00:00	19:00:00	17,5	10,5	309,52	480,42	319,94	575,32	436,22	216,23	210,92	233,20	117,70	177,14	72,02	3148,61
18:00:00	20:00:00	18,5	10,0	324,53	503,72	339,58	594,96	457,37	226,72	221,15	244,50	123,40	177,14	72,02	3285,09
19:00:00	21:00:00	19,5	9,5	342,91	532,25	363,64	619,02	483,28	239,56	233,68	258,35	130,39	177,14	72,02	3452,23
20:00:00	22:00:00	20,5	8,8	363,41	564,07	390,47	645,85	512,17	253,88	247,65	273,80	138,19	177,14	72,02	3638,66
21:00:00	23:00:00	21,5	8,2	384,64	597,02	418,25	673,63	542,09	268,71	262,11	289,79	146,26	177,14	72,02	3831,66
22:00:00	0:00:00	22,5	7,5	405,14	628,84	445,08	700,46	570,98	283,03	276,09	305,24	154,06	177,14	72,02	4018,08
23:00:00	1:00:00	23,5	7,0	423,52	657,38	469,14	724,52	596,89	295,88	288,61	319,09	161,05	177,14	72,02	4185,22

Tabla 33. Cálculo de cargas térmicas de calefacción en febrero

MARZO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Q _{VEST}	Q _{SALON}	Q _{COCINA}	Q _{Baño}	Q _{DORM_1}	Q _{DORM_2}	Q _{DORM_3}	Q _{DORM_4}	Q _{DISTRIB}	Q _{SOLERA}	Q _{TECHO}	Q _{CONSUMO}
0:00:00	2:00:00	0,5	9,5	340,96	529,23	361,09	616,47	480,53	238,20	232,35	256,89	129,65	177,14	72,02	3434,51
1:00:00	3:00:00	1,5	9,2	351,57	545,70	374,98	630,36	495,49	245,61	239,58	264,88	133,69	177,14	72,02	3531,01
2:00:00	4:00:00	2,5	9,0	357,07	554,23	382,16	637,55	503,23	249,45	243,33	269,02	135,78	177,14	72,02	3580,97
3:00:00	5:00:00	3,5	9,0	357,07	554,23	382,16	637,55	503,23	249,45	243,33	269,02	135,78	177,14	72,02	3580,97
4:00:00	6:00:00	4,5	9,2	351,57	545,70	374,98	630,36	495,49	245,61	239,58	264,88	133,69	177,14	72,02	3531,01
5:00:00	7:00:00	5,5	9,5	340,96	529,23	361,09	616,47	480,53	238,20	232,35	256,89	129,65	177,14	72,02	3434,51
6:00:00	8:00:00	6,5	10,0	325,95	505,93	341,44	596,83	459,38	227,71	222,12	245,58	123,94	177,14	72,02	3298,04
7:00:00	9:00:00	7,5	10,5	307,57	477,40	317,39	572,77	433,47	214,87	209,59	231,73	116,95	177,14	72,02	3130,90
8:00:00	10:00:00	8,5	11,2	287,07	445,57	290,55	545,94	404,57	200,55	195,62	216,28	109,16	177,14	72,02	2944,47
9:00:00	11:00:00	9,5	11,8	265,84	412,63	262,78	518,16	374,66	185,72	181,16	200,29	101,09	177,14	72,02	2751,47
10:00:00	12:00:00	10,5	12,5	245,34	380,80	235,94	491,33	345,76	171,39	167,19	184,84	93,29	177,14	72,02	2565,05
11:00:00	13:00:00	11,5	13,0	226,95	352,27	211,89	467,27	319,86	158,55	154,66	170,99	86,30	177,14	72,02	2397,90
12:00:00	14:00:00	12,5	13,5	211,95	328,97	192,24	447,63	298,70	148,07	144,43	159,68	80,59	177,14	72,02	2261,43
13:00:00	15:00:00	13,5	13,8	201,33	312,50	178,36	433,74	283,75	140,65	137,20	151,69	76,56	177,14	72,02	2164,93
14:00:00	16:00:00	14,5	14,0	195,84	303,97	171,17	426,55	276,00	136,81	133,46	147,55	74,47	177,14	72,02	2114,98
15:00:00	17:00:00	15,5	14,0	195,84	303,97	171,17	426,55	276,00	136,81	133,46	147,55	74,47	177,14	72,02	2114,98
16:00:00	18:00:00	16,5	13,8	201,33	312,50	178,36	433,74	283,75	140,65	137,20	151,69	76,56	177,14	72,02	2164,93
17:00:00	19:00:00	17,5	13,5	211,95	328,97	192,24	447,63	298,70	148,07	144,43	159,68	80,59	177,14	72,02	2261,43
18:00:00	20:00:00	18,5	13,0	226,95	352,27	211,89	467,27	319,86	158,55	154,66	170,99	86,30	177,14	72,02	2397,90
19:00:00	21:00:00	19,5	12,5	245,34	380,80	235,94	491,33	345,76	171,39	167,19	184,84	93,29	177,14	72,02	2565,05
20:00:00	22:00:00	20,5	11,8	265,84	412,63	262,78	518,16	374,66	185,72	181,16	200,29	101,09	177,14	72,02	2751,47
21:00:00	23:00:00	21,5	11,2	287,07	445,57	290,55	545,94	404,57	200,55	195,62	216,28	109,16	177,14	72,02	2944,47
22:00:00	0:00:00	22,5	10,5	307,57	477,40	317,39	572,77	433,47	214,87	209,59	231,73	116,95	177,14	72,02	3130,90
23:00:00	1:00:00	23,5	10,0	325,95	505,93	341,44	596,83	459,38	227,71	222,12	245,58	123,94	177,14	72,02	3298,04

Tabla 34. Cálculo de cargas térmicas de calefacción en marzo

1.18.5. Cálculo de la superficie de captación y coberturas

En este apartado, teniendo ya calculados los calores de cada estancia para la calefacción del edificio, se realizará el cálculo de la superficie de captadores de cara a conseguir cubrir una fracción de la demanda. Este cálculo será similar al que se realizó en el apartado referente al agua caliente sanitaria, con ligeros cambios. Esto se hará mediante el cálculo de varios parámetros:

- Hora solar.

Es la que marca la posición relativa del sol respecto de cada lugar.

- Hora civil.

Es la hora oficial que rige en una zona determinada de cada país.

- Tiempo en horas.

Se emplearán horas promedio. Por ello, al tratarse de intervalos de una hora, se calcularán las clases de cada intervalo, siendo por ejemplo 0.5 el intervalo entre las 0:00h y la 1.00h.

- Temperatura ambiente.

Es un valor de temperatura que oscila de forma sinusoidal, según la fórmula recuperada de los cálculos para ACS, con la ecuación (9).

$$T_{amb} = \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} + \frac{(T_{max} - T_{min})}{2} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{12} \cdot t(h) - \frac{5\pi}{4}\right)$$

- Radiación.

Son los valores de radiación por cada hora del día, que va a llegar a la ubicación donde se encuentra la instalación, en kJ/m².

- Temperatura del depósito.

El depósito comenzará a una temperatura, que será cuando sea posible de 45°C, y que irá variando durante el transcurso del día a causa de las pérdidas que se produzcan, a los cambios de temperatura debidos a la influencia de los captadores, a las demandas energéticas... Cabe destacar que debe ser una serie de valores cerrada y la temperatura de comienzo y de final del día será la misma, lo cual supondrá que el sistema esté en completo equilibrio.

- Temperatura de entrada al colector (T_{CE}).

Es la temperatura a la que entra el agua al colector, que es también la de salida del acumulador por ser un circuito cerrado.

- Rendimiento (η).

Este valor muestra la eficiencia de los colectores y varía en función de la hora del día, debido a su dependencia de la temperatura ambiente y de la radiación solar incidente. Se calcula con la ecuación (10) recuperada del cálculo de ACS:

$$\eta = a - b \cdot \frac{(T_{CE} - T_{amb})}{I}$$

Siendo:

- a factor de eficiencia óptica del colector
- b factor pérdidas térmicas del colector
- I radiación solar incidente sobre el captador

- Calor útil.

Este es el valor que indica el calor que se obtiene de los colectores solares según la hora, y que es el que realmente se podrá aprovechar.

$$Q_{util} = I \cdot \eta \cdot A_{captacion}$$

Siendo recuperada de la ecuación (11):

- I radiación solar incidente por horas
 - η rendimiento instantáneo del captador
 - $A_{captacion}$ superficie de captadores de la que se dispone
- Temperatura de salida del colector (T_{cs}).

Es la temperatura a la que sale el fluido del colector, que es también la de entrada al acumulador por ser un circuito cerrado. Como se entiende, esta será una temperatura superior a la de entrada T_{CE} .

- Calor de consumo.

Es la demanda calorífica de los clientes. Se calcula según:

$$Q_{cons} = \sum_i Q_{estancias} \quad (25)$$

- Calor perdido.

Este valor representa las pérdidas de calor a través de las paredes del depósito, y se calcula según:

$$Q_{perd} = (A \cdot U_{dep}) \cdot (T_{dep} - T_{amb\ dep}) \quad (26)$$

Siendo:

- A superficie exterior del depósito
- U_{dep} coeficiente de pérdidas del depósito

- Temperatura nueva del depósito.

Este es resultado de la aplicación del calor resultante al flujo de agua que se encuentra en el depósito. Todo ello en función de las horas del día, ya que se va modificando la temperatura del depósito por el balance de los distintos calores que experimente el interior del depósito. Se usa la ecuación (15):

$$T_{dep-nueva} = T_{dep} + \Delta T = T_{dep} + \frac{Q_{util} - Q_{cons} - Q_{perd}}{C_p \cdot V_{almacenado}}$$

Siendo:

- Balance de calores.... $\Sigma Q = Q_{util} - Q_{consumo} - Q_{perdido}$
- Variación de temperatura.... ΔT (aumenta o disminuye en función del resultado del balance de calores)

- Calor auxiliar.

En la calefacción, que se empleará en los meses de otoño e invierno, cuando resulta más necesario, habrá situaciones en que no sea posible cubrir la totalidad de demanda energética para la calefacción únicamente con la energía térmica procedente de la radiación solar.

En estas situaciones, se requerirá de una fuente de energía auxiliar que proporcione la fracción de calor restante con el fin de conseguir cubrir dicha demanda, y esto se comprobará a todas las horas.

En el posible caso de necesitar de este calor auxiliar, habiendo descendido de forma importante la temperatura en el depósito, este calor aumentará su temperatura hasta el valor mínimo que se estableció.

Para esto, se emplea la ecuación (16) modificada:

$$Q_{aux} = (60 - T_{dep-nueva}) \cdot V_{almacenado} \cdot C_p$$

Con todos estos parámetros indicativos de la instalación de calefacción, se realizará una hoja de datos para los meses de otoño e invierno para conocer la cobertura mensual en función de la radiación solar absorbida y de las temperaturas ambiente de cada mes, empezando por octubre y terminando en marzo.

OCTUBRE

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	10,7	0,0	55,2	55,2	0,0	0,0	55,2	3063,1	386,8	54,1	0,0
1:00:00	3:00:00	1,5	10,3	0,0	54,1	54,1	0,0	0,0	54,1	3197,3	376,8	53,1	0,0
2:00:00	4:00:00	2,5	10,0	0,0	53,1	53,1	0,0	0,0	53,1	3266,7	366,6	52,0	0,0
3:00:00	5:00:00	3,5	10,0	0,0	52,0	52,0	0,0	0,0	52,0	3266,7	356,1	50,9	0,0
4:00:00	6:00:00	4,5	10,3	0,0	50,9	50,9	0,0	0,0	50,9	3197,3	345,6	49,8	0,0
5:00:00	7:00:00	5,5	10,7	0,0	49,8	49,8	0,0	0,0	49,8	3063,1	335,4	48,8	0,0
6:00:00	8:00:00	6,5	11,4	0,0	48,8	48,8	0,0	0,0	48,8	2873,3	325,7	47,9	0,0
7:00:00	9:00:00	7,5	12,2	532,8	47,9	47,8	0,0	0,0	47,8	2640,9	316,4	47,0	0,0
8:00:00	10:00:00	8,5	13,0	1077,1	47,0	47,7	0,4	3484,0	50,7	2381,7	307,9	47,2	0,0
9:00:00	11:00:00	9,5	14,0	1613,7	47,2	48,7	0,5	6953,3	54,7	2113,3	310,2	48,6	0,0
10:00:00	12:00:00	10,5	14,8	2043,1	48,6	50,6	0,6	9629,8	59,0	1854,1	323,3	50,8	0,0
11:00:00	13:00:00	11,5	15,6	2281,7	50,8	53,2	0,6	11000,8	62,7	1621,7	344,7	53,5	0,0
12:00:00	14:00:00	12,5	16,3	2281,7	53,5	55,8	0,6	10798,0	65,2	1431,9	370,7	56,2	0,0
13:00:00	15:00:00	13,5	16,7	2043,1	56,2	58,1	0,6	9065,0	66,0	1297,7	396,7	58,4	0,0
14:00:00	16:00:00	14,5	17,0	1613,7	58,4	59,7	0,5	6147,8	65,1	1228,3	417,9	59,7	0,0
15:00:00	17:00:00	15,5	17,0	1077,1	59,7	60,3	0,3	2612,4	62,6	1228,3	430,9	60,0	0,0
16:00:00	18:00:00	16,5	16,7	532,8	60,0	59,8	-0,2	0,0	59,8	1297,7	433,6	59,5	0,0
17:00:00	19:00:00	17,5	16,3	0,0	59,5	59,5	0,0	0,0	59,5	1431,9	428,6	58,9	0,0
18:00:00	20:00:00	18,5	15,6	0,0	58,9	58,9	0,0	0,0	58,9	1621,7	423,3	58,3	0,0
19:00:00	21:00:00	19,5	14,8	0,0	58,3	58,3	0,0	0,0	58,3	1854,1	417,4	57,6	0,0
20:00:00	22:00:00	20,5	14,0	0,0	57,6	57,6	0,0	0,0	57,6	2113,3	410,8	56,9	0,0
21:00:00	23:00:00	21,5	13,0	0,0	56,9	56,9	0,0	0,0	56,9	2381,7	403,6	56,1	0,0
22:00:00	0:00:00	22,5	12,2	0,0	56,1	56,1	0,0	0,0	56,1	2640,9	395,5	55,2	0,0
23:00:00	1:00:00	23,5	11,4	0,0	55,2	55,2	0,0	0,0	55,2	2873,3	386,8	54,2	0,0

Tabla 35. Calores y temperaturas de calefacción en octubre

- Balance de calores en Octubre:



Ilustración 56. Balance de calores de calefacción en octubre

NOVIEMBRE

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	8,6	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3680,9	289,0	43,8	3969,9
1:00:00	3:00:00	1,5	8,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3795,9	289,0	43,8	4084,9
2:00:00	4:00:00	2,5	8,0	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3855,4	289,0	43,8	4144,4
3:00:00	5:00:00	3,5	8,0	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3855,4	289,0	43,8	4144,4
4:00:00	6:00:00	4,5	8,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3795,9	289,0	43,8	4084,9
5:00:00	7:00:00	5,5	8,6	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3680,9	289,0	43,8	3969,9
6:00:00	8:00:00	6,5	9,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3518,2	289,0	43,9	3807,2
7:00:00	9:00:00	7,5	9,9	263,3	45,0	44,6	-0,85	0,0	44,6	3319,0	289,0	43,9	3608,0
8:00:00	10:00:00	8,5	10,6	701,0	45,0	45,2	0,19	1052,6	46,1	3096,8	289,0	44,3	2333,2
9:00:00	11:00:00	9,5	11,4	1149,3	45,0	45,9	0,43	3972,5	49,3	2866,8	289,0	45,2	0,0
10:00:00	12:00:00	10,5	12,1	1514,4	45,2	46,6	0,52	6338,5	52,1	2644,6	291,3	46,3	0,0
11:00:00	13:00:00	11,5	12,8	1719,0	46,3	47,9	0,55	7602,8	54,5	2445,4	301,1	47,7	0,0
12:00:00	14:00:00	12,5	13,4	1719,0	47,7	49,3	0,55	7514,2	55,9	2282,7	315,1	49,2	0,0
13:00:00	15:00:00	13,5	13,8	1514,4	49,2	50,5	0,50	6110,0	55,8	2167,7	329,3	50,3	0,0
14:00:00	16:00:00	14,5	14,0	1149,3	50,3	51,1	0,40	3708,0	54,3	2108,2	339,7	50,6	0,0
15:00:00	17:00:00	15,5	14,0	701,0	50,6	50,8	0,15	828,1	51,5	2108,2	343,3	50,2	0,0
16:00:00	18:00:00	16,5	13,8	263,3	50,2	49,7	-0,91	0,0	49,7	2167,7	338,6	49,4	0,0
17:00:00	19:00:00	17,5	13,4	0,0	49,4	49,4	0,00	0,0	49,4	2282,7	331,4	48,6	0,0
18:00:00	20:00:00	18,5	12,8	0,0	48,6	48,6	0,00	0,0	48,6	2445,4	323,9	47,8	0,0
19:00:00	21:00:00	19,5	12,1	0,0	47,8	47,8	0,00	0,0	47,8	2644,6	315,9	46,9	0,0
20:00:00	22:00:00	20,5	11,4	0,0	46,9	46,9	0,00	0,0	46,9	2866,8	307,4	46,0	0,0
21:00:00	23:00:00	21,5	10,6	0,0	46,0	46,0	0,00	0,0	46,0	3096,8	298,2	44,9	177,9
22:00:00	0:00:00	22,5	9,9	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3319,0	289,0	43,9	3608,0
23:00:00	1:00:00	23,5	9,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3518,2	289,0	43,9	3807,2

Tabla 36. Calores y temperaturas de calefacción en noviembre

- Balance de calores en Noviembre:

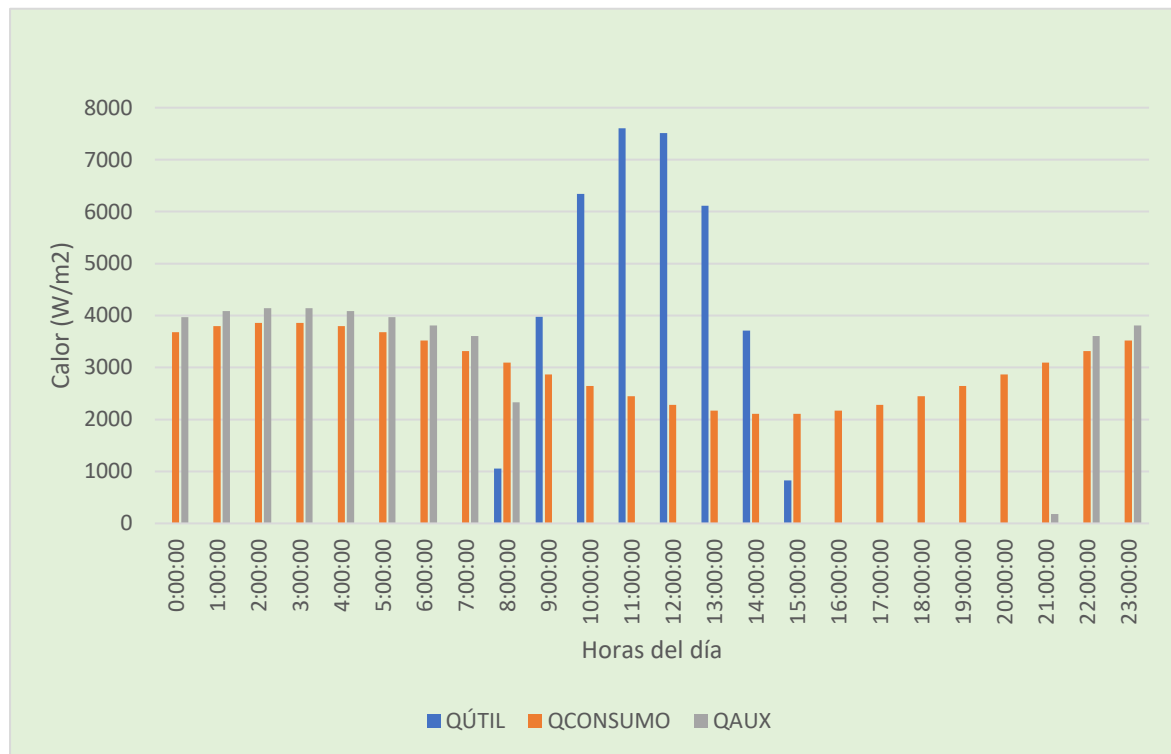


Ilustración 57. Balance de calores de calefacción en noviembre

DICIEMBRE

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{UTIL}	T _{CS}	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	6,6	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4268,3	375,7	43,6	4644,0
1:00:00	3:00:00	1,5	6,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4383,4	375,7	43,6	4759,0
2:00:00	4:00:00	2,5	6,0	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4442,9	375,7	43,6	4818,6
3:00:00	5:00:00	3,5	6,0	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4442,9	375,7	43,6	4818,6
4:00:00	6:00:00	4,5	6,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4383,4	375,7	43,6	4759,0
5:00:00	7:00:00	5,5	6,6	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4268,3	375,7	43,6	4644,0
6:00:00	8:00:00	6,5	7,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4105,7	375,7	43,7	4481,4
7:00:00	9:00:00	7,5	7,9	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3906,5	375,7	43,7	4282,1
8:00:00	10:00:00	8,5	8,6	725,6	45,0	45,2	0,17	1011,4	46,1	3684,3	375,7	44,1	3048,5
9:00:00	11:00:00	9,5	9,4	1215,1	45,0	45,9	0,43	4192,6	49,5	3454,2	375,7	45,1	0,0
10:00:00	12:00:00	10,5	10,1	1616,8	45,1	46,6	0,53	6804,3	52,5	3232,1	376,7	46,1	0,0
11:00:00	13:00:00	11,5	10,8	1842,8	46,1	47,8	0,56	8209,5	55,0	3032,8	385,9	47,5	0,0
12:00:00	14:00:00	12,5	11,4	1842,8	47,5	49,3	0,55	8122,8	56,3	2870,2	399,7	48,9	0,0
13:00:00	15:00:00	13,5	11,8	1616,8	48,9	50,4	0,51	6585,7	56,1	2755,2	413,7	50,0	0,0
14:00:00	16:00:00	14,5	12,0	1215,1	50,0	50,8	0,41	3957,2	54,3	2695,6	423,5	50,2	0,0
15:00:00	17:00:00	15,5	12,0	725,6	50,2	50,4	0,14	828,5	51,1	2695,6	426,0	49,5	0,0
16:00:00	18:00:00	16,5	11,8	0,0	49,5	49,5	0,00	0,0	49,5	2755,2	419,4	48,6	0,0
17:00:00	19:00:00	17,5	11,4	0,0	48,6	48,6	0,00	0,0	48,6	2870,2	410,2	47,6	0,0
18:00:00	20:00:00	18,5	10,8	0,0	47,6	47,6	0,00	0,0	47,6	3032,8	400,8	46,6	0,0
19:00:00	21:00:00	19,5	10,1	0,0	46,6	46,6	0,00	0,0	46,6	3232,1	390,9	45,5	0,0
20:00:00	22:00:00	20,5	9,4	0,0	45,5	45,5	0,00	0,0	45,5	3454,2	380,4	44,3	2182,3
21:00:00	23:00:00	21,5	8,6	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3684,3	375,7	43,8	4059,9
22:00:00	0:00:00	22,5	7,9	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3906,5	375,7	43,7	4282,1
23:00:00	1:00:00	23,5	7,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4105,7	375,7	43,7	4481,4

Tabla 37. Calores y temperaturas de calefacción en diciembre

- Balance de calores en Diciembre:

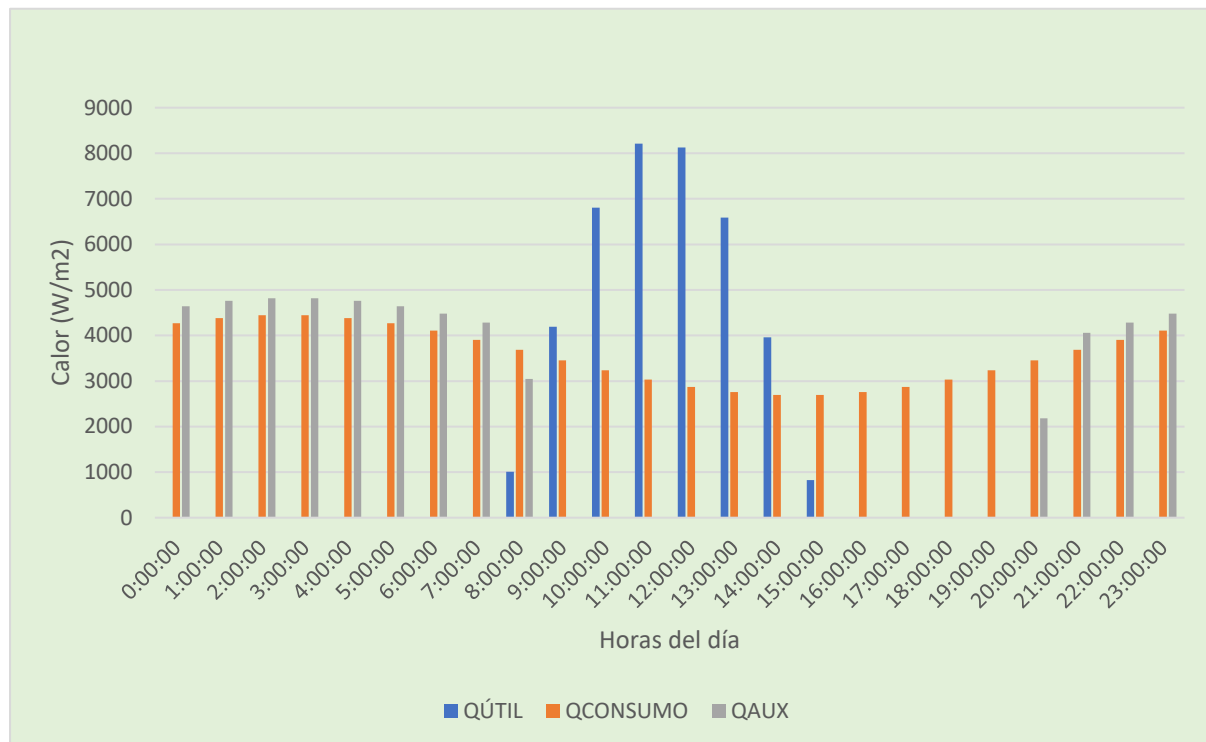


Ilustración 58. Balance de calores de calefacción en diciembre

ENERO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{ÚTIL}	T _{CS}	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	5,6	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4586,9	317,9	43,5	4904,7
1:00:00	3:00:00	1,5	5,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4702,7	317,9	43,5	5020,5
2:00:00	4:00:00	2,5	5,0	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4762,6	317,9	43,5	5080,5
3:00:00	5:00:00	3,5	5,0	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4762,6	317,9	43,5	5080,5
4:00:00	6:00:00	4,5	5,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4702,7	317,9	43,5	5020,5
5:00:00	7:00:00	5,5	5,6	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4586,9	317,9	43,5	4904,7
6:00:00	8:00:00	6,5	6,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4423,1	317,9	43,6	4741,0
7:00:00	9:00:00	7,5	6,9	234,8	45,0	44,5	-1,21	0,0	44,5	4222,5	317,9	43,6	4540,4
8:00:00	10:00:00	8,5	7,6	637,5	45,0	45,1	0,07	354,4	45,4	3998,8	317,9	43,8	3962,3
9:00:00	11:00:00	9,5	8,4	1073,4	45,0	45,7	0,37	3195,4	48,5	3767,2	317,9	44,7	889,7
10:00:00	12:00:00	10,5	9,1	1429,9	45,0	46,2	0,48	5530,9	51,0	3543,5	317,9	45,5	0,0
11:00:00	13:00:00	11,5	9,8	1630,1	45,5	47,0	0,52	6818,3	52,9	3342,9	322,7	46,4	0,0
12:00:00	14:00:00	12,5	10,4	1630,1	46,4	47,9	0,52	6780,0	53,8	3179,2	331,8	47,4	0,0
13:00:00	15:00:00	13,5	10,8	1429,9	47,4	48,6	0,48	5452,4	53,3	3063,4	341,2	48,0	0,0
14:00:00	16:00:00	14,5	11,0	1073,4	48,0	48,7	0,37	3151,0	51,5	3003,4	347,1	48,0	0,0
15:00:00	17:00:00	15,5	11,0	637,5	48,0	48,1	0,08	393,2	48,4	3003,4	346,5	47,1	0,0
16:00:00	18:00:00	16,5	10,8	234,8	47,1	46,6	-1,11	0,0	46,6	3063,4	338,0	46,1	0,0
17:00:00	19:00:00	17,5	10,4	0,0	46,1	46,1	0,00	0,0	46,1	3179,2	328,2	45,0	0,0
18:00:00	20:00:00	18,5	9,8	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3342,9	318,1	43,9	3586,9
19:00:00	21:00:00	19,5	9,1	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3543,5	317,9	43,8	3861,4
20:00:00	22:00:00	20,5	8,4	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3767,2	317,9	43,8	4085,1
21:00:00	23:00:00	21,5	7,6	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	3998,8	317,9	43,7	4316,7
22:00:00	0:00:00	22,5	6,9	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4222,5	317,9	43,6	4540,4
23:00:00	1:00:00	23,5	6,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4423,1	317,9	43,6	4741,0

Tabla 38. Calores y temperaturas de calefacción en enero

- Balance de calores en Enero:

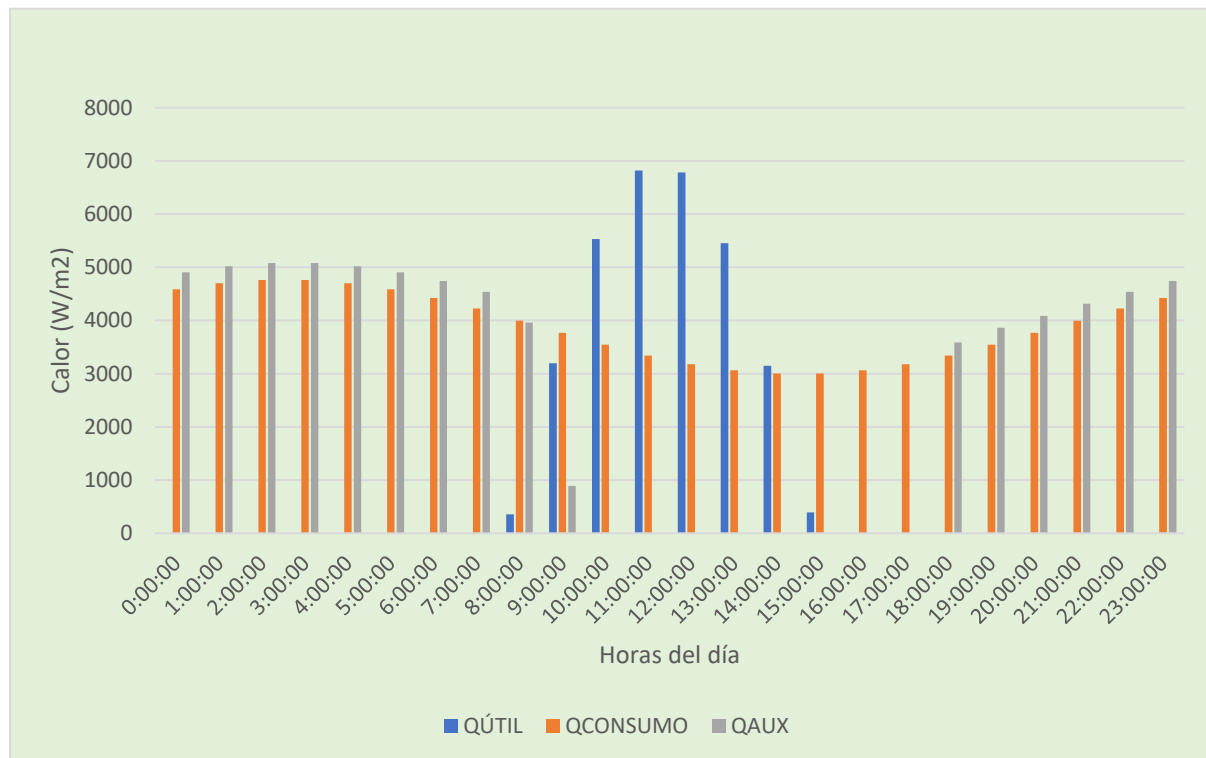


Ilustración 59. Balance de calores de calefacción en enero

FEBRERO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{ÚTIL}	T _{CS}	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP (NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	6,5	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4321,7	308,2	43,6	4629,9
1:00:00	3:00:00	1,5	6,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4418,2	308,2	43,6	4726,4
2:00:00	4:00:00	2,5	6,0	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4468,2	308,2	43,6	4776,4
3:00:00	5:00:00	3,5	6,0	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4468,2	308,2	43,6	4776,4
4:00:00	6:00:00	4,5	6,2	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4418,2	308,2	43,6	4726,4
5:00:00	7:00:00	5,5	6,5	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4321,7	308,2	43,6	4629,9
6:00:00	8:00:00	6,5	7,0	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4185,2	308,2	43,7	4493,5
7:00:00	9:00:00	7,5	7,5	430,0	45,0	44,8	-0,28	0,0	44,8	4018,1	308,2	43,7	4326,3
8:00:00	10:00:00	8,5	8,2	941,2	45,0	45,5	0,31	2335,5	47,5	3831,7	308,2	44,5	1804,4
9:00:00	11:00:00	9,5	8,8	1451,4	45,0	46,2	0,49	5635,6	51,1	3638,7	308,2	45,5	0,0
10:00:00	12:00:00	10,5	9,5	1862,6	45,5	47,3	0,55	8255,3	54,5	3452,2	313,1	46,8	0,0
11:00:00	13:00:00	11,5	10,0	2091,8	46,8	48,9	0,58	9632,1	57,3	3285,1	326,0	48,6	0,0
12:00:00	14:00:00	12,5	10,5	2091,8	48,6	50,7	0,57	9500,0	59,0	3148,6	343,4	50,4	0,0
13:00:00	15:00:00	13,5	10,8	1862,6	50,4	52,2	0,53	7901,5	59,0	3052,1	360,7	51,8	0,0
14:00:00	16:00:00	14,5	11,0	1451,4	51,8	52,9	0,45	5178,4	57,4	3002,2	373,6	52,3	0,0
15:00:00	17:00:00	15,5	11,0	941,2	52,3	52,7	0,25	1889,5	54,4	3002,2	378,8	51,9	0,0
16:00:00	18:00:00	16,5	10,8	430,0	51,9	51,6	-0,39	0,0	51,6	3052,1	374,5	50,9	0,0
17:00:00	19:00:00	17,5	10,5	0,0	50,9	50,9	0,00	0,0	50,9	3148,6	364,6	49,8	0,0
18:00:00	20:00:00	18,5	10,0	0,0	49,8	49,8	0,00	0,0	49,8	3285,1	354,5	48,7	0,0
19:00:00	21:00:00	19,5	9,5	0,0	48,7	48,7	0,00	0,0	48,7	3452,2	344,0	47,6	0,0
20:00:00	22:00:00	20,5	8,8	0,0	47,6	47,6	0,00	0,0	47,6	3638,7	333,1	46,4	0,0
21:00:00	23:00:00	21,5	8,2	0,0	46,4	46,4	0,00	0,0	46,4	3831,7	321,7	45,2	0,0
22:00:00	0:00:00	22,5	7,5	0,0	45,2	45,2	0,00	0,0	45,2	4018,1	309,7	43,9	3821,1
23:00:00	1:00:00	23,5	7,0	0,0	45,0	45,0	0,00	0,0	45,0	4185,2	308,2	43,7	4493,5

Tabla 39. Calores y temperaturas de calefacción en febrero

- Balance de calores en Febrero:

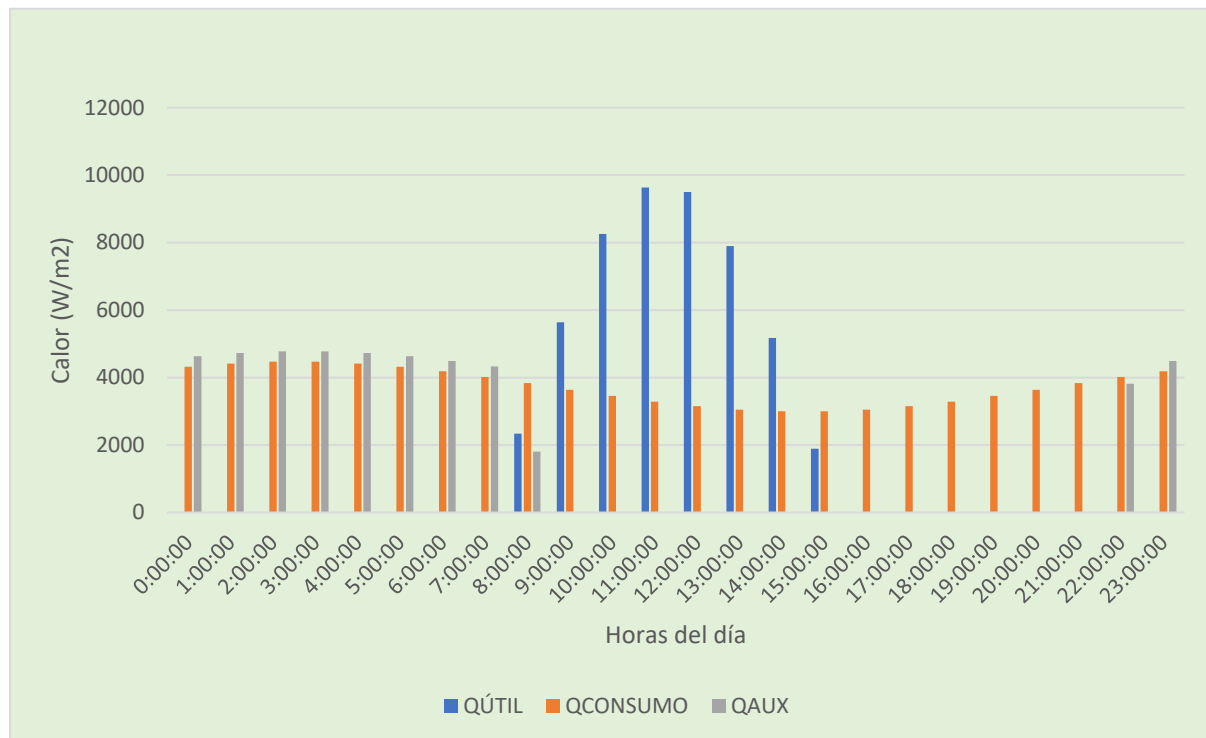


Ilustración 60. Balance de calores de calefacción en febrero

MARZO

Hora solar	Hora civil	Tiempo (h)	T _{AMB}	Rad (kJ/m ²)	T _{DEP}	T _{CE}	η	Q _{ÚTIL}	T _{CS}	Q _{CONSUMO}	Q _{PERDIDO}	T _{DEP(NUEVA)}	Q _{AUX}
0:00:00	2:00:00	0,5	9,5	9,5	52,2	52,2	0,00	0,0	52,2	3434,5	358,6	51,1	0,0
1:00:00	3:00:00	1,5	9,2	9,2	51,1	51,1	0,00	0,0	51,1	3531,0	347,6	49,9	0,0
2:00:00	4:00:00	2,5	9,0	9,0	49,9	49,9	0,00	0,0	49,9	3581,0	336,5	48,8	0,0
3:00:00	5:00:00	3,5	9,0	9,0	48,8	48,8	0,00	0,0	48,8	3581,0	325,2	47,6	0,0
4:00:00	6:00:00	4,5	9,2	9,2	47,6	47,6	0,00	0,0	47,6	3531,0	313,9	46,4	0,0
5:00:00	7:00:00	5,5	9,5	9,5	46,4	46,4	0,00	0,0	46,4	3434,5	302,8	45,3	0,0
6:00:00	8:00:00	6,5	10,0	164,8	45,3	44,8	-1,85	0,0	44,8	3298,0	292,1	44,2	2513,2
7:00:00	9:00:00	7,5	10,5	659,3	45,0	45,2	0,15	782,1	45,8	3130,9	289,0	44,2	2637,8
8:00:00	10:00:00	8,5	11,2	1226,4	45,0	46,0	0,45	4440,3	49,8	2944,5	289,0	45,4	0,0
9:00:00	11:00:00	9,5	11,8	1776,2	45,4	47,1	0,56	7955,3	54,0	2751,5	292,5	46,8	0,0
10:00:00	12:00:00	10,5	12,5	2212,0	46,8	49,1	0,60	10636,1	58,4	2565,0	306,6	49,2	0,0
11:00:00	13:00:00	11,5	13,0	2452,9	49,2	51,8	0,61	11990,4	62,2	2397,9	329,0	51,9	0,0
12:00:00	14:00:00	12,5	13,5	2452,9	51,9	54,5	0,60	11762,7	64,7	2261,4	355,7	54,7	0,0
13:00:00	15:00:00	13,5	13,8	2212,0	54,7	56,8	0,56	9997,5	65,5	2164,9	382,0	56,9	0,0
14:00:00	16:00:00	14,5	14,0	1776,2	56,9	58,4	0,49	7030,9	64,5	2115,0	403,5	58,2	0,0
15:00:00	17:00:00	15,5	14,0	1226,4	58,2	59,0	0,35	3411,6	61,9	2115,0	416,5	58,5	0,0
16:00:00	18:00:00	16,5	13,8	659,3	58,5	58,4	-0,04	0,0	58,4	2164,9	419,0	57,7	0,0
17:00:00	19:00:00	17,5	13,5	164,8	57,7	57,0	-2,52	0,0	57,0	2261,4	411,5	56,9	0,0
18:00:00	20:00:00	18,5	13,0	0,0	56,9	56,9	0,00	0,0	56,9	2397,9	403,8	56,1	0,0
19:00:00	21:00:00	19,5	12,5	0,0	56,1	56,1	0,00	0,0	56,1	2565,0	395,8	55,2	0,0
20:00:00	22:00:00	20,5	11,8	0,0	55,2	55,2	0,00	0,0	55,2	2751,5	387,2	54,3	0,0
21:00:00	23:00:00	21,5	11,2	0,0	54,3	54,3	0,00	0,0	54,3	2944,5	378,2	53,3	0,0
22:00:00	0:00:00	22,5	10,5	0,0	53,3	53,3	0,00	0,0	53,3	3130,9	368,6	52,2	0,0
23:00:00	1:00:00	23,5	10,0	0,0	52,2	52,2	0,00	0,0	52,2	3298,0	358,6	51,1	0,0

Tabla 40. Calores y temperaturas de calefacción en marzo

- Balance de calores en Marzo:

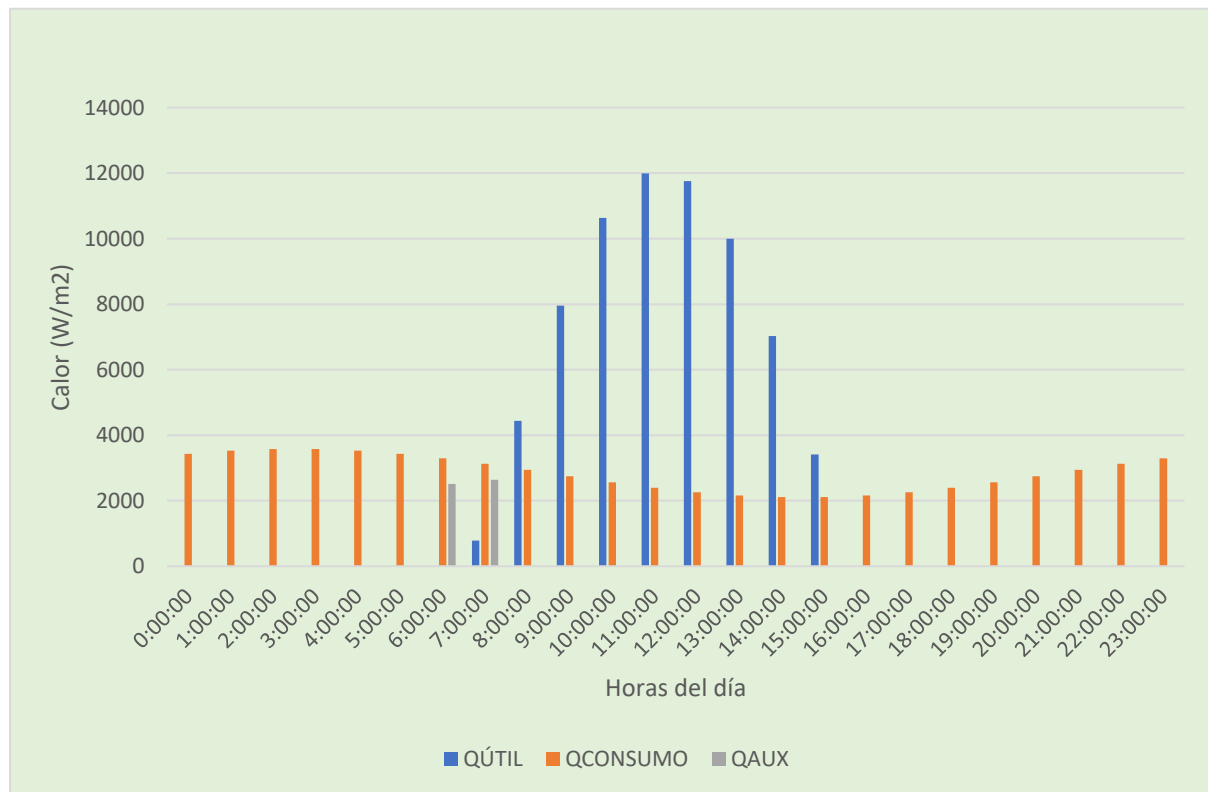


Ilustración 61. Balance de calores de calefacción en marzo

Ahora, por último, se calcularán las coberturas de los distintos meses de otoño e invierno para cubrir las necesidades de calefacción mediante esta instalación. Esto se realizará de forma análoga al cálculo para ACS:

- Calcular el calor de consumo total en un día promedio del mes, mediante el sumatorio de calores consumidos en cada hora, con la ecuación (17):

$$Q_{cons-total} = \sum Q_{cons}$$

- Calcular el calor auxiliar total necesitado en un día promedio del mes, mediante el sumatorio de calores auxiliares aportados en cada hora, con ecuación (18):

$$Q_{aux-total} = \sum Q_{aux}$$

- Ahora, calcular la cobertura mediante una relación entre ambos calores mencionados, según la ecuación (19) empleada en el cálculo análogo de ACS:

$$Cobertura F (\%) = \frac{Q_{cons-total} - Q_{aux-total}}{Q_{cons-total}} \cdot 100$$

Entonces, se expresan estos valores en tabla y gráfica:

Enero	25,66
Febrero	47,34
Marzo	92,46
Abril	0,00
Mayo	0,00
Junio	0,00
Julio	0,00
Agosto	0,00
Septiembre	0,00
Octubre	100,00
Noviembre	41,67
Diciembre	35,49

Tabla 41. Cobertura media mensual de calefacción

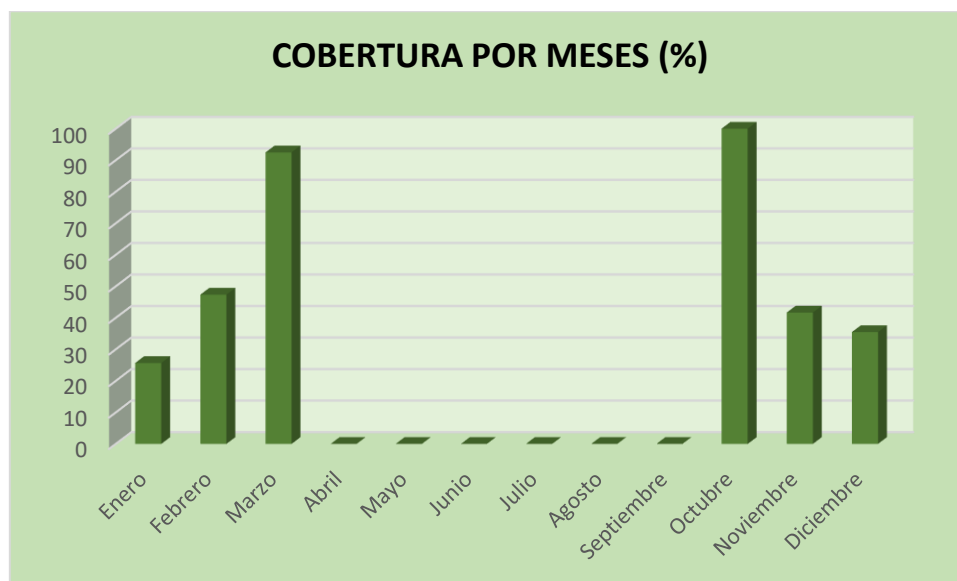


Ilustración 62. Coberturas mensuales de calefacción

1.18.6. Diseño de suelo radiante según la norma UNE-EN-1264

Ahora, se procederá a aplicar el procedimiento de cálculo de todos los parámetros necesarios del sistema de suelo radiante como medio de calefacción elegido para su aplicación en esta vivienda.

Entonces, se tendrá como base una tabla de datos que recopila en cada estancia la superficie útil, la carga térmica, y la potencia térmica específica:

Código	Estancia	Superficie (m_2)	Calefacción	
			Q _{calef} (W)	q (W/m ²)
P.B.-1	Vestíbulo	13,72	549,65	40,0619534
P.B.-2	Sala de estar	12,53	845,62	67,4876297
P.B.-3	Cocina	14,43	604,35	41,8814969
P.B.-4	Baño	9,47	849,58	89,7127772
P.P.-1	Dormitorio 1	12,84	774,65	60,3309969
P.P.-2	Dormitorio 2	10,34	383,99	37,1363636
P.P.-3	Dormitorio 3	10,22	374,57	36,6506849
P.P.-4	Dormitorio 4	8,25	414,12	50,1963636
P.P.-5	Distribuidor	8,02	209,01	26,0610973

Tabla 42. Calores y potencias térmicas específicas

Siendo:

- Q_{calef} la carga térmica de calefacción de suelo radiante
- q densidad de flujo térmico para calefacción (potencia térmica específica), que se calcula como:

$$q = \frac{Q_{calef}}{Sup} \quad (27)$$

- Sup la superficie de cada estancia

Esto se hará apoyándose en la norma UNE-EN-1264, en la que está bien determinado el cálculo de todos los parámetros como las temperaturas y los límites de temperatura para el funcionamiento, los caudales... De ella se obtendrá y se utilizará, por ejemplo, los siguientes datos:

Tipos de recinto	$\theta_{f,max}$ (°C)	θ_i (°C)	q_G (W/m²)
Zona de permanencia (ocupada)	29	20	100
Cuartos de baño y similares	33	24	100
Zona periférica	35	20	175

Tabla 43. Características sobre las distintas estancias de la vivienda

Siendo:

- $\theta_{f,max}$ temperatura máxima de la superficie del suelo
- θ_i temperatura del recinto
- q_G densidad de flujo térmico límite

Además, habrá que tomar dos hipótesis que se deberán considerar para la correcta aplicación de dicha norma UNE-EN-1264:

- Tubos de polietileno reticulado-tipo A (por mayor sencillez), consistente en un sistema con los tubos totalmente integrados en el pavimento.

- Se supone que toda la vivienda es zona ocupada, por lo que no existe zona periférica (considerando así que toda la superficie del suelo está a la misma temperatura).

Para completar la introducción previa al cálculo, se citan los parámetros de diseño que se deberán obtener en este orden:

- Potencia térmica específica $q \left(\frac{W}{m^2} \right)$
- Temperatura del ambiente interior $\theta_i \text{ (}^\circ\text{C)}$
- Temperatura de impulsión $\theta_v \text{ (}^\circ\text{C)}$ (para la estancia que tenga mayor q)
- Paso $T \text{ (m)}$
- Salto térmico entre la temperatura de impulsión y la de retorno $\sigma \text{ (}^\circ\text{C)}$
- Temperatura de retorno $\theta_R \text{ (}^\circ\text{C)}$
- Temperatura media de la superficie del suelo $\theta_{f,m} \text{ (}^\circ\text{C)}$
- Caudal de agua en cada circuito $m_H \left(\frac{kg}{s} \right)$

➤ **PASO 1 (CONDICIONES INICIALES)**

Se emplea un sistema Tipo A, que tiene los tubos por dentro del pavimento:

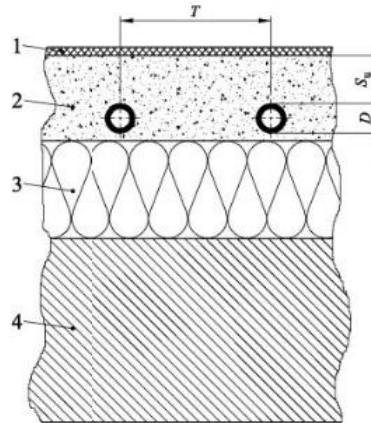


Ilustración 63. Componentes del suelo radiante

Siendo las indicaciones:

- 1.... Revestimiento del suelo, con resistencia térmica $R_{\lambda,B} \left(\frac{m^2 \cdot K}{W} \right)$
- 2.... Capa de mortero de cemento (pavimento) con conductividad $\lambda_E \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$
- 3.... Capa de aislamiento (poliestireno expandido)
- 4.... Base estructural (Forjado)
- D Diámetro exterior del tubo (m)
- s_R Espesor del tubo (m)
- λ_R Conductividad térmica del tubo $\left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$
- T Paso entre tubos (m)
- s_U Espesor de la capa de mortero por encima del tubo (m)

Entonces se tienen estos parámetros del suelo:

$R_{\lambda,B}$	$0,05 \left(\frac{m^2 \cdot K}{W} \right)$
λ_E	$1,2 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$
D	$0,02 \text{ m}$
s_R	$0,002 \text{ m}$
λ_R	$0,35 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$
s_u	$0,035 \text{ m}$

Tabla 44. Parámetros característicos del suelo radiante

➤ **PASO 2 (CONDICIONES LÍMITE DE LA NORMA)**

- Como se observa en la tabla, la temperatura de superficie máxima del suelo $\theta_{f,max}$ para la zona ocupada es 29°C, excepto en el cuarto de baño, que se eleva a 33°C.
- La potencia térmica específica q , debe situarse por debajo de la potencia térmica específica máxima admisible q_G , marcada por la curva límite, comentada luego.

➤ **PASO 3 (CURVAS CARACTERÍSTICAS DE SELECCIÓN DE PASO)**

Se deben realizar una serie de curvas características de cara a calcular los parámetros de diseño, y para ello antes hay que seleccionar unos pasos T determinados. Estas curvas representarán la variación de la densidad de flujo térmico q respecto al salto térmico $\Delta\theta_H$ que habrá entre el fluido de calefacción y el de la estancia (curvas $q - \Delta\theta_H$).

Paso T (m)				
0,050	0,100	0,200	0,300	0,375

Tabla 45. Pasos de tubo posibles para las estancias

➤ **PASO 4 (CURVAS LÍMITE)**

Para cada curva característica realizada, se calcula la ecuación de su curva límite. Estas representan los límites de la q_G límite y del máximo $\Delta\theta_H$. Para cada sistema de calefacción hay una determinada q_G máxima marcada por su curva límite.

Esta potencia específica se determina para una temperatura ambiente interior de la vivienda θ_i que según se vió en la tabla es de 20°C excepto en los cuartos de baño, que es de 33°C.

Todo esto se hace teniendo en cuenta la condición de que la temperatura de superficie máxima para la zona ocupada es de 29°C, exceptuando los 33°C para un cuarto de baño; y que el salto térmico entre el agua de impulsión y el agua de retorno debe ser $\sigma \leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, tal y como dice la norma UNE-EN-1264 que se está siguiendo. En el presente caso se establecerá que este salto térmico es $\sigma = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Cuando se hayan calculado estas ecuaciones mencionadas, se realizarán gráficas en una hoja de datos Excel. Así se obtendrá un gráfico de curvas, expresadas como función de q y $\Delta\theta_{H,DMLT}$ en diferencia media logarítmica de temperatura (DMLT) para distintos pasos T .

➤ **PASO 5 (ENTRADA A GRÁFICAS CON q_{max})**

Se entra en el gráfico de curvas características y límite con la potencia térmica específica máxima q_{max} , que en este caso será la del baño, $89,71\text{ } \frac{W}{m^2}$.

Seguidamente, se seleccionan los pasos asegurando que sean correctos según el cumplimiento de la condición de $q_{max} < q_G$.

➤ **PASO 6 (OBTENCIÓN DE $\Delta\theta_H$)**

Con las curvas características de cada paso, se determina $\Delta\theta_H$ para cada paso T . Además, ya se había fijado el salto térmico entre el agua de impulsión y el de retorno, que será $\sigma \leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

➤ **PASO 7 (OBTENCIÓN DE θ_v Y EL PASO T)**

Con las fórmulas expresadas en la norma, se calcula la θ_v que más se aproxime a los 45 °C establecidos entre los pasos disponibles, y el paso que corresponda a esa temperatura de impulsión, será el definitivo que se busca para el diseño de suelo radiante de la instalación.

➤ **PASO 8 (OBTENCIÓN DE θ_R)**

Ahora que ya se ha obtenido el paso de esta estancia, se calcula θ_R , que es la temperatura de retorno.

➤ **PASO 9 (OBTENCIÓN DE $\theta_{f,media}$)**

Ahora se calcula $\theta_{f,media}$ (temperatura media de la superficie del suelo) mediante el uso de la curva característica básica, que describe la relación entre la potencia térmica específica q y $\theta_{f,media} - \theta_i$ (diferencia de temperatura media entre la superficie y el interior de la sala).

Entonces se deberá determinar, para cada potencia térmica específica de cada estancia, la diferencia de temperatura $\theta_{f,media} - \theta_i$ y de ahí se despeja $\theta_{f,media}$.

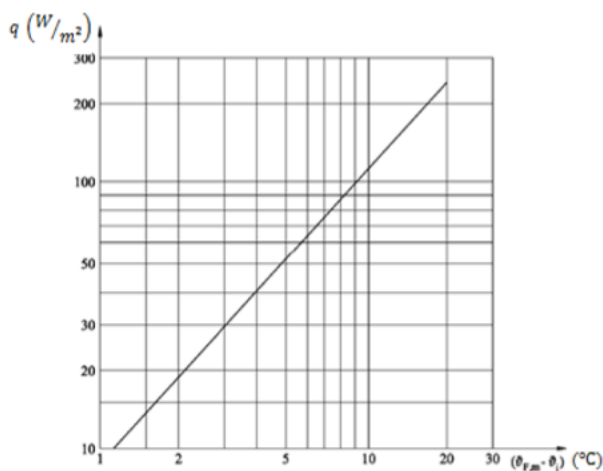


Ilustración 64. Gráfica lineal de potencia térmica específica

➤ **PASO 10 (OBTENCIÓN DE m_H)**

Por último, se calcula el caudal de agua necesario m_H . Se determina mediante la formulación expresada en la norma UNE EN-1264, a través del cálculo de una serie de parámetros allí incluidos.

Ahora, se desarrollarán los pasos del 3 al 10.

1.18.7. Cálculo de curvas características

La curva característica muestra la relación entre la potencia térmica específica q de un sistema de suelo radiante y la diferencia de temperatura requerida entre el agua de calefacción y el aire de la estancia $\Delta\theta_H$.

Para calcular estas curvas características hay que tener en cuenta el tipo de configuración de suelo, que en el presente caso es de Tipo A, luego la ecuación a aplicar es la siguiente:

$$q = K_H \cdot \Delta\theta_H \quad (28)$$

Entonces:

$$K_H = B \cdot \prod_i (a_i^{m_i}) = B \cdot a_B^{m_B} \cdot a_T^{m_T} \cdot a_U^{m_U} \cdot a_D^{m_D} \quad (29)$$

Siendo:

- B coeficiente característico del sistema en $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$
- $\prod_i (a_i^{m_i})$ producto que relaciona entre sí los parámetros de la estructura del suelo
- $\Delta\theta_H$ desviación media logarítmica de temperatura entre fluidos de calefacción y de estancia, que se expresa de la siguiente forma:

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_v - \theta_R}{\ln\left(\frac{\theta_v - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}\right)} \quad (30)$$

Estos factores variarán según los parámetros ya mencionados anteriormente, como son la resistencia térmica del revestimiento, el paso, espesor de la capa sobre el tubo, diámetro y espesor del tubo...

Cálculos:

- $B = B_o = 6,7 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$, para una conductividad $\lambda_R = 0,35 \left(\frac{W}{m \cdot K}\right)$ y un espesor $s_R = 0,002 m$
- a_B es el revestimiento del suelo según la ecuación:

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_E} + R_{\lambda,B}} = \frac{\frac{1}{10,8} + \frac{0,045}{1}}{\frac{1}{10,8} + \frac{0,045}{1,2} + 0,05} = 0,76 \quad (31)$$

Siendo $\alpha = 10,8 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$, $s_{u,0} = 0,045 \text{ m}$, $\lambda_{u,0} = 1 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$

- $a_T = f(R_{\lambda,B})$ es el factor de paso según la tabla: ($a_T = 1,188$)

$R_{\lambda,B}$ $m^2 \cdot K/W$	0	0,05	0,10	0,15
a_T	1,23	1,188	1,156	1,134

Tabla 46. Valores de factor a_D

- $a_u = f(T, R_{\lambda,B})$ es el factor de recubrimiento según la tabla:

$R_{\lambda,B}$ $m^2 \cdot K/W$	0	0,05	0,10	0,15
T (m)	a_u			
0,05	1,069	1,056	1,043	1,037
0,075	1,066	1,053	1,041	1,035
0,1	1,063	1,05	1,039	1,033 5
0,15	1,057	1,046	1,035	1,030 5
0,2	1,051	1,041	1,031 5	1,027 5
0,225	1,048	1,038	1,029 5	1,026
0,3	1,039 5	1,031	1,024	1,021
0,375	1,03	1,022 1	1,018 1	1,015

Tabla 47. Valores del factor a_u

T	a_u
0,050	1,056
0,100	1,05
0,200	1,041
0,300	1,031
0,375	1,0221

Tabla 48. Valores de a_u para distintos pasos

- $a_D = f(T, R_{\lambda,B})$ es el factor del diámetro exterior del tubo según la tabla:

$R_{\lambda,B}$ $m^2 \cdot K/W$	0	0,05	0,10	0,15
T (m)	a_D			
0,05	1,013	1,013	1,012	1,011
0,075	1,021	1,019	1,016	1,014
0,1	1,029	1,025	1,022	1,018
0,15	1,04	1,034	1,029	1,024
0,2	1,046	1,04	1,035	1,03
0,225	1,049	1,043	1,038	1,033
0,3	1,053	1,049	1,044	1,039
0,375	1,056	1,051	1,046	1,042

Tabla 49. Valores del factor a_D

T	a_D
0,050	1,013
0,100	1,025
0,200	1,040
0,300	1,049
0,375	1,051

Tabla 50. Valores de a_D para distintos pasos

- $m_T = f(T)$ es el exponente de a_T para $0,050 m \leq T \leq 0,375 m$ según la fórmula:

$$m_T = 1 - \frac{T}{0,075} \quad (32)$$

T	m_t
0,050	0,333
0,100	-0,333
0,200	-1,667
0,300	-3
0,375	-4

Tabla 51. Valores de m_t para distintos pasos

- $m_u = f(s_u)$ es el exponente de a_u para $s_u \geq 0,010 \text{ m}$ según la fórmula:

$$m_u = 100 \cdot (0,045 - s_u) = 100 \cdot (0,045 - 0,035) = 1 \quad (33)$$

- $m_D = f(D)$ es el exponente de a_D para $0,008 \text{ m} \leq D \leq 0,030 \text{ m}$ según la fórmula:

$$m_D = 250 \cdot (D - 0,020) = 250 \cdot (0,020 - 0,020) = 0 \quad (34)$$

Entonces, reuniendo todos estos cálculos se aplicará la ecuación (29):

$$q = K_H \cdot \Delta\theta_H = (B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_U^{m_U} \cdot a_D^{m_D}) \cdot \Delta\theta_H$$

Y estas serán las curvas características del suelo radiante de la instalación:

T	q
0,050	$q = 5,73 \cdot \Delta\theta_H$
0,100	$q = 5,07 \cdot \Delta\theta_H$
0,200	$q = 4 \cdot \Delta\theta_H$
0,300	$q = 3,15 \cdot \Delta\theta_H$
0,375	$q = 2,63 \cdot \Delta\theta_H$

Tabla 52. Ecuaciones de curvas características del suelo radiante

1.18.8. Cálculo de curvas límite

La curva límite muestra la relación entre la densidad de flujo térmico y la diferencia de temperaturas entre el medio de calentamiento (suelo radiante) y la estancia para casos donde se alcanza la diferencia máxima admisible entre la temperatura de la superficie y la de la estancia (9°C o 15 °C). Para cada paso T se obtiene una curva límite según la fórmula:

$$q_G = \varphi \cdot B_G \cdot \left[\frac{\Delta\theta_H}{\varphi} \right]^{n_G} \quad (35)$$

Siendo:

- φ es el factor de conversión para todos los valores de temperaturas $\theta_{f,max}$ y θ_i , que se calcula:

$$\varphi = \frac{\theta_{f,max} - \theta_i}{\Delta\theta_o} = \frac{29 - 20}{9} = 1 \quad (36)$$

- B_G es el coeficiente (para tipo A, aplicado según el cociente $s_u/\lambda_E = 0,035/1,2 = 0,0292$).

Al ser $s_u/\lambda_E \leq 0,0792$ se entra en la siguiente tabla:

$\frac{s_u}{\lambda_E}$ m ² · K/W	0,01	0,020 8	0,029 2	0,037 5	0,045 8	0,054 2	0,062 5	0,070 8	0,079 2
T m									
0,05	85,0	91,5	96,8	100	100	100	100	100	100
0,075	75,3	83,5	89,0	96,3	99,5	100	100	100	100
0,1	66,0	75,4	82,9	89,3	95,5	98,8	100	100	100
0,15	51,0	61,1	69,2	76,3	82,7	87,5	91,8	95,1	97,8
0,2	38,5	48,2	56,2	63,1	69,1	74,5	81,3	86,4	90,0
0,225	33,0	42,5	49,5	56,5	62	67,5	75,3	81,6	86,1
0,3	20,5	26,8	31,6	36,4	41,5	47,5	57,5	65,3	72,4
0,375	11,5	13,7	15,5	18,2	21,5	27,5	40,0	49,1	58,3

Tabla 53. Valores de B_G

T	B_G
0,050	96,8
0,100	82,9
0,200	56,2
0,300	31,6
0,375	15,5

Tabla 54. Valores de B_G para los distintos pasos

- n_G es el exponente (para tipo A, aplicado según el cociente $s_u/\lambda_E = 0,035/1,2 = 0,0292$)

Al ser $s_u/\lambda_E \leq 0,0792$ se entra en la siguiente tabla:

s_u/λ_E $m^2 \cdot K/W$	0,01	0,020 8	0,029 2	0,037 5	0,045 8	0,054 2	0,062 5	0,070 8	0,079 2
T m									
0,05	0,008	0,005	0,002	0	0	0	0	0	0
0,075	0,024	0,021	0,018	0,011	0,002	0	0	0	0
0,1	0,046	0,043	0,041	0,033	0,014	0,005	0	0	0
0,15	0,088	0,085	0,082	0,076	0,055	0,038	0,024	0,014	0,006
0,2	0,131	0,13	0,129	0,123	0,105	0,083	0,057	0,040	0,028
0,225	0,155	0,154	0,153	0,146	0,13	0,11	0,077	0,056	0,041
0,262 5	0,197	0,196	0,195	0,19	0,173	0,15	0,110	0,083	0,062
0,3	0,254	0,253	0,253	0,245	0,228	0,195	0,145	0,114	0,086
0,337 5	0,322	0,321	0,321	0,31	0,293	0,260	0,187	0,148	0,115
0,375	0,422	0,421	0,421	0,405	0,385	0,325	0,230	0,183	0,142

Tabla 55. Valores de n_G

T	n_G
0,050	0,002
0,100	0,041
0,200	0,129
0,300	0,253
0,375	0,421

Tabla 56. Valores de n_G para distintos pasos

Ahora, teniendo estos valores, se recupera la fórmula de la ecuación (35):

$$q_G = \varphi \cdot B_G \cdot \left[\frac{\Delta\theta_H}{\varphi} \right]^{n_G}$$

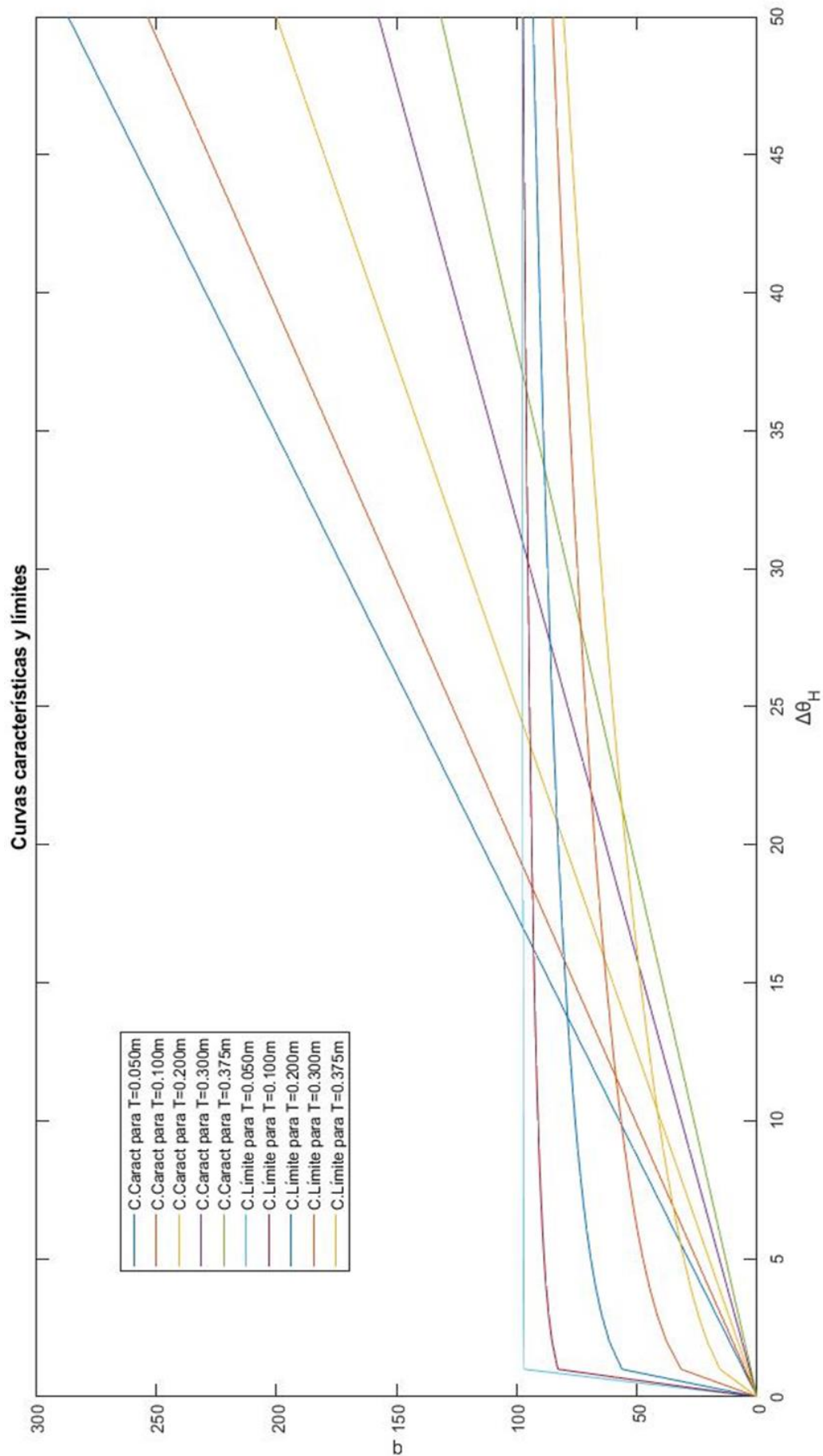
Y estas serán las curvas límite del suelo radiante:

<i>T</i>	<i>q</i>
0,050	$q = 96,8 \cdot \Delta\theta_H^{0,002}$
0,100	$q = 82,9 \cdot \Delta\theta_H^{0,041}$
0,200	$q = 56,2 \cdot \Delta\theta_H^{0,129}$
0,300	$q = 31,6 \cdot \Delta\theta_H^{0,253}$
0,375	$q = 15,5 \cdot \Delta\theta_H^{0,421}$

Tabla 57. Ecuaciones de curvas límite del suelo radiante

1.18.9. Representación del diagrama de curvas

Ahora, se grafican en Matlab las curvas características y las curvas límite para los distintos pasos elegidos, en un gráfico común, con una leyenda de colores indicativa asociados a las curvas:



1.18.10. Dimensionamiento del sistema

Para el dimensionado de la instalación se calculan los parámetros de diseño para la estancia crítica (la que mayor densidad de flujo térmico q tiene), y tras ello se repite el proceso para el resto de las habitaciones. Para ello se utiliza una representativa tabla de potencias térmicas:

Código	Estancia	Superficie (m_2)	Calefacción	
			Q_{calef} (W)	q (W/ m^2)
P.B.-1	Vestíbulo	13,72	549,65	40,0619534
P.B.-2	Sala de estar	12,53	845,62	67,4876297
P.B.-3	Cocina	14,43	604,35	41,8814969
P.B.-4	Baño	9,47	849,58	89,7127772
P.P.-1	Dormitorio 1	12,84	774,65	60,3309969
P.P.-2	Dormitorio 2	10,34	383,99	37,1363636
P.P.-3	Dormitorio 3	10,22	374,57	36,6506849
P.P.-4	Dormitorio 4	8,25	414,12	50,1963636
P.P.-5	Distribuidor	8,02	209,01	26,0610973

Tabla 58. Calores y potencias térmicas específicas

La densidad de flujo térmico está calculada según la ecuación (27):

$$q = \frac{Q_{calef} (W)}{Sup (m^2)}$$

Y como se puede ver, la estancia con mayor potencia térmica es el baño, con:

$$q = 89,71 \text{ W}/m^2$$

Ahora se procederá al cálculo de los parámetros para esta estancia de máxima densidad de flujo térmico.

➤ **Temperatura de impulsión θ_v .** Se necesitan 2 ecuaciones:

$$\theta_v = \Delta\theta_{v,max} + \theta_i \quad (37)$$

$$\Delta\theta_{v,max} = \Delta\theta_{H,max} + \sigma/2 \quad (38)$$

Siendo:

- $\Delta\theta_{v,max}$ es la máxima diferencia de temperatura entre la temperatura de diseño del fluido y la sala
- $\Delta\theta_{H,max}$ es la máxima desviación media logarítmica de temperatura entre la temperatura del fluido y la sala
- σ es la diferencia de temperatura entre fluidos de impulsión y de retorno. Se escogió su valor como $\sigma = 5^\circ\text{C}$

Para calcular $\Delta\theta_{H,max}$ se debe entrar a la gráfica y sacar los datos de las intersecciones de la curva característica con el valor de $q = 89,71 \text{ W/m}^2$ para cada paso T seleccionado.

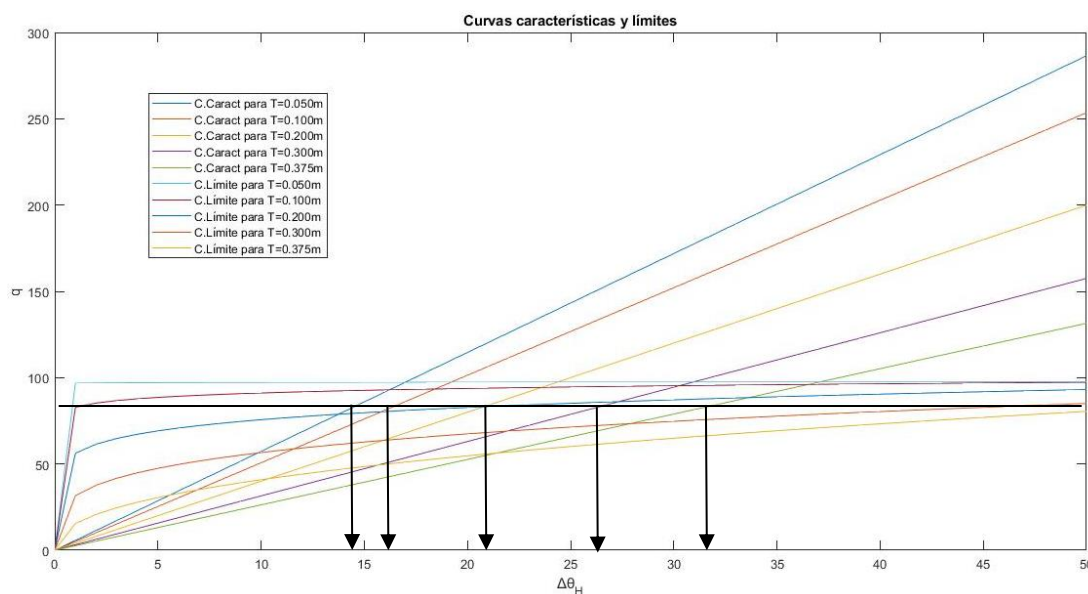


Ilustración 65. Diferencia de temperatura entre fluido y estancia para los distintos pasos

$T \text{ (m)}$	$\Delta\theta_{H,max} (^{\circ}\text{C})$
0,050	14,63
0,100	16,11
0,200	21,07
0,300	26,27
0,375	31,75

Tabla 59. Diferencia de T entre fluido y estancia para los distintos pasos

Además, se pueden comprobar los valores límite de q_G para los distintos pasos:

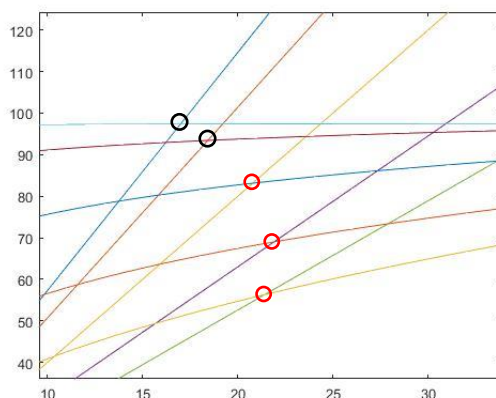


Ilustración 66. Valores de q_G para los distintos pasos

Como se puede comprobar, para el cuarto paso T elegido, no es válido su valor ya que tiene como resultado que $q_G < q_{max}$ cuando desde el principio se establece que q_G es el valor límite.

También se pueden aproximar sus valores de q_G :

$T \text{ (m)}$	$q_G \text{ (W/m}^2\text{)}$
0,050	97,35
0,100	93,42
0,200	$83,12 < 89,71$
0,300	$69 < 89,71$
0,375	$56,29 < 89,71$

Tabla 60. Valores de potencia térmica para distintos pasos

Ahora, aplicando las fórmulas previamente señaladas, se obtendrá una tabla en la que se podrá expresar de la forma: ($\sigma = 5^{\circ}\text{C}$)

$T \text{ (m)}$	$q_{max} \text{ (W/m}^2\text{)}$	$q_G \text{ (W/m}^2\text{)}$	$\Delta\theta_{H,max} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$\Delta\theta_{v,max} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$\theta_v \text{ (}^{\circ}\text{C)}$
0,050	89,71	97,35	14,63	17,13	41,13
0,100	89,71	93,42	16,11	18,61	42,61
0,200	89,71	83,12	NO	NO	NO
0,300	89,71	69	NO	NO	NO
0,375	89,71	56,29	NO	NO	NO

Tabla 61. Características de los distintos pasos

Vistos los resultados, se selecciona la θ_v que más se acerca a los 40°C , que sería $T = 0,100 \text{ m}$.

➤ **Temperatura de retorno θ_R .** Como se tiene:

$$\theta_R = \theta_v - \sigma = 42,61 - 5 = 37,61^{\circ}\text{C} \quad (39)$$

➤ **Temperatura media superficial del suelo $\theta_{f,media}$.**

Entrando a la gráfica con $q = 89,71 \text{ W/m}^2$ se obtiene la diferencia $\theta_{f,media} - \theta_i$.

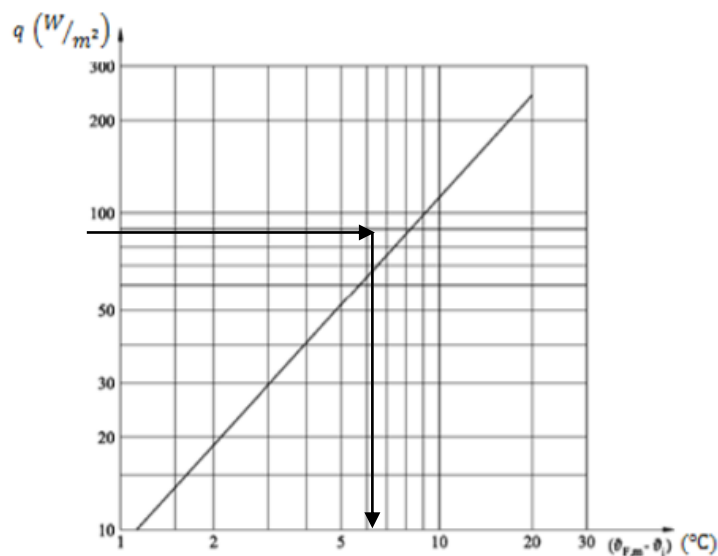


Tabla 62. Diferencia de temperatura superficial del suelo para cierto valor de q_G

Ahora se obtiene la diferencia $\theta_{f,media} - \theta_i = 8,12$, de donde se despeja:

$$\theta_{f,media} = 8,12 + 24 = \mathbf{32,12\ ^\circ C}$$

➤ **Caudal de agua m_H .** Mediante la fórmula:

$$m_H = \frac{S \cdot q}{\sigma \cdot c_w} \cdot \left(1 + \frac{R_o}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right) \quad (40)$$

Siendo:

- S Superficie habitada (m^2)
- q Densidad de flujo térmico (W/m^2)
- σ Diferencia de temperatura entre impulsión y retorno ($^\circ C$)
- c_w Calor específico del agua: $4190\ (J/kg \cdot K)$
- R_o Resistencia a transmisión de calor parcial ascendente de la estructura del suelo ($\frac{m^2 \cdot K}{W}$)
- R_u Resistencia a transmisión de calor parcial descendente de la estructura del suelo ($\frac{m^2 \cdot K}{W}$)
- θ_i Temperatura ambiente nominal de la estancia a calentar ($^\circ C$)
- θ_u Temperatura ambiente de la estancia bajo la que se calienta por suelo radiante ($^\circ C$) (se considera el terreno al no haber habitaciones debajo)

Se tiene ahora la siguiente imagen, que muestra la disposición y distribución de las resistencias del suelo radiante:

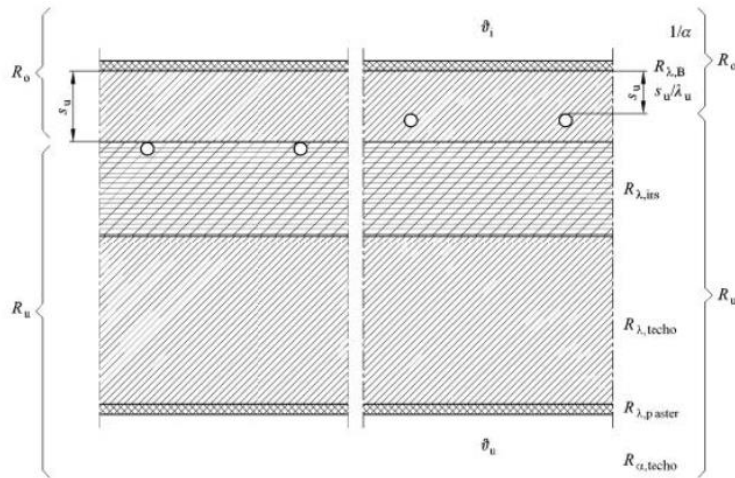


Ilustración 67. Resistencias del suelo radiante

Entonces, las resistencias a la transmisión de calor que hay que calcular son:

$$R_o = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda,B} + \frac{s_u}{\lambda_u} = 0,0093 + 0,05 + \frac{0,035}{1,8} = 0,0787 \left(\frac{m^2 \cdot K}{W} \right) \quad (41)$$

Donde la propia norma aporta los valores de estas resistencias, y:

- $\frac{1}{\alpha}$ Resistencia de transferencia de calor en la superficie de suelo radiante

$$R_u = R_{\lambda,aisl} + R_{\lambda,forjado} = 1,765 + 0,13 = 1,895 \left(\frac{m^2 \cdot K}{W} \right) \quad (42)$$

Entonces, ya se debería poder calcular el caudal de agua de calefacción, como se observa en la siguiente tabla:

Local	S (m ²)	q (W/m ²)	σ (°C)	c _w (J/kg · K)	R _o (m ² · K/W)	R _u (m ² · K/W)	θ _i (°C)	θ _u (°C)	m _H (kg/s)
Baño	9,47	89,71	5	4190	0,0787	1,895	24	8	0,0461

Tabla 63. Caudal para la estancia de mayor q_G

- **Se debe continuar con el resto de las estancias**, y calcular lo mismo:

Para el resto de las estancias, se considera la misma θ_v , y se entra en la curva característica con el calor q de cada estancia, suponiendo también $T = 0,100\ m$, como paso. Entonces, se obtiene el $\Delta\theta_H$ de dicha estancia.

Con éste, al saber la θ_v (cte) y la θ_i , se halla la θ_R , mediante la ecuación (30):

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_v - \theta_R}{\ln\left(\frac{\theta_v - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}\right)}$$

Después, sabiendo eso puede calcular el salto térmico entre impulsión y retorno de la instalación (σ), despejando de la ecuación (39):

$$\sigma = \theta_v - \theta_R$$

Y, si se encuentra entre 5°C y 15°C, se podrá entonces tomar como correcto; pero si está fuera de este rango, habría que entrar de nuevo a la curva con un paso diferente $T = 0,200\ m$, hasta obtener el paso correcto.

Una vez hecho esto, se debe calcular el caudal de cada circuito de calefacción. Tras ello, se suma y se obtiene el caudal total en kg/s que se debe enviar desde el depósito de almacenamiento. De esta forma, se tienen todos los calores de estancias como:

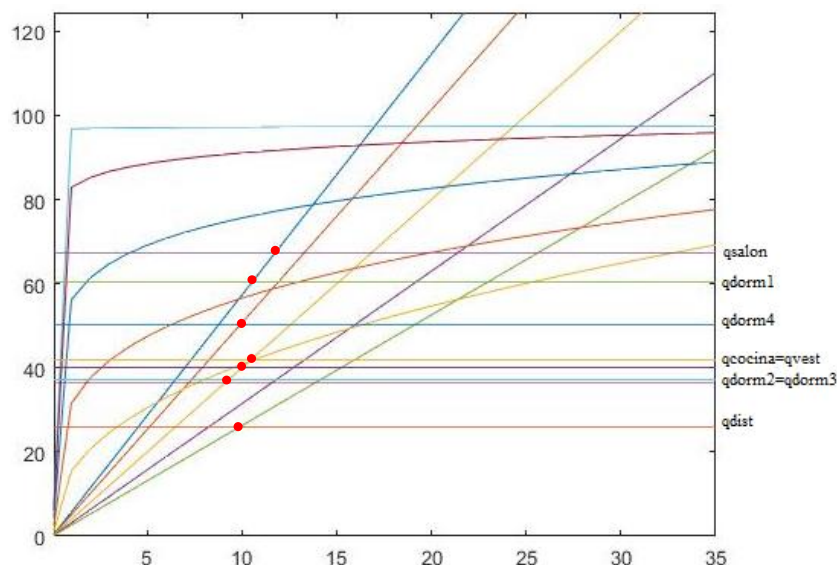


Ilustración 68. Potencias térmicas y punto de funcionamiento de cada estancia

Y, junto a su representación en esta otra gráfica:

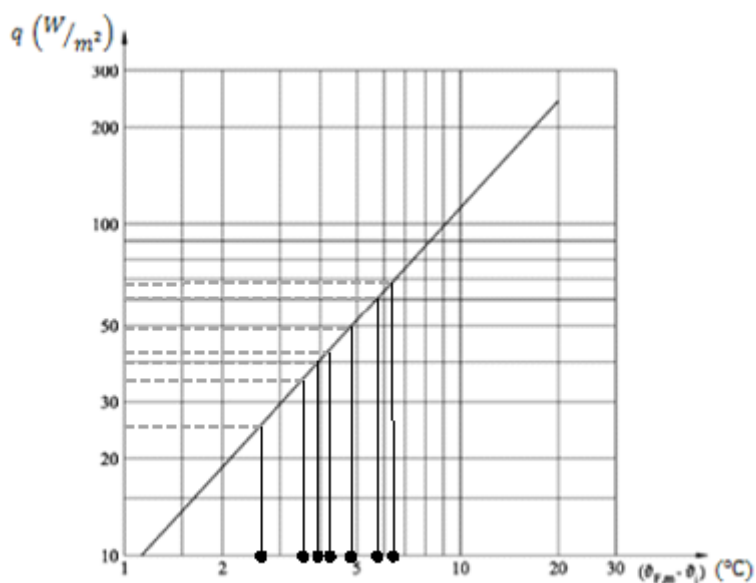


Ilustración 69. Temperaturas medias superficiales de las estancias

Se obtienen definitivamente, los caudales y los pasos del suelo radiante para todas las estancias de la vivienda:

Local	S (m ²)	$q \left(\frac{W}{m^2} \right)$	θ_i	θ_v	T(m)	$\Delta\theta_H$	θ_R	σ	$\theta_{f,m}$	$m_H \left(\frac{kg}{s} \right)$
Vestibulo	13,72	40,06	20	38,61	0,200	10,02	24,59	14,02	23,96	0,01122431
Sala de estar	12,53	67,49	20	38,61	0,100	13,31	29,13	9,48	26,45	0,02417058
Cocina	14,43	41,88	18	36,61	0,200	10,47	23,14	13,47	22,22	0,01250187
Baño	9,47	89,71	24	42,61	0,100	16,11	37,61	5	32,12	0,04605221
Dormitorio 1	12,84	60,33	20	38,61	0,100	11,90	27,04	11,57	25,87	0,01664294
Dormitorio 2	10,34	37,14	20	38,61	0,200	9,29	23,77	14,84	23,72	0,00643197
Dormitorio 3	10,22	36,65	20	38,61	0,200	9,16	23,63	14,98	23,65	0,00638739
Dormitorio 4	8,25	50,20	20	38,61	0,100	9,90	24,45	14,16	24,91	0,00697626
Distribuidor	8,02	26,06	20	38,61	0,375	9,91	24,47	14,14	22,73	0,00367431

Caudal total para distribuir:

$$m_H = 0,13406183 \left(\frac{kg}{s} \right)$$

1.18.11. Especificaciones de la instalación de suelo radiante

En este apartado se hablará de ciertos aspectos importantes para la instalación del suelo radiante, como son las longitudes de tubo en cada estancia, o la potencia de bomba de la instalación en función de las pérdidas de carga.

➤ Longitud total de tubo

Cada local o estancia va a estar calefactada con circuitos independientes del resto de estancias, de forma que se pueda después en el cuadro de mando regular los caudales que se envíen a cada local para calefactar en mayor o menor medida.

Ahora se medirá la longitud de los circuitos de cada estancia y después se comprobará que no sean circuitos excesivamente largos. Se ha establecido un límite de 120 metros, de modo que, si este valor es sobrepasado, se deberá dividir en dos circuitos de similar magnitud.

La longitud de los tubos se medirá directamente sobre los planos de la instalación en función de las curvas y los recorridos que siga en cada estancia, resultando en una tabla que recopila los datos:

<i>Local</i>	<i>Paso T</i>	<i>Longitud (m)</i>
<i>Vestibulo</i>	0,200 m	48,22 m
<i>Salon</i>	0,100 m	108,74 m
<i>Cocina</i>	0,200 m	64,80 m
<i>Baño</i>	0,100 m	81 m
<i>Dormitorio 1</i>	0,100 m	111,60 m
<i>Dormitorio 2</i>	0,200 m	44,90m
<i>Dormitorio 3</i>	0,200 m	41,70 m
<i>Dormitorio 4</i>	0,100 m	68,40 m
<i>Distribuidor</i>	0,375 m	12,53 m

Tabla 64. Pasos y longitud de suelo radiante de cada estancia

De modo que se tendrá una longitud total de suelo radiante de 581,89 m.

Por ello, para esta longitud total, se emplearán tubos de polietileno reticulado de algún fabricante que suministre rollos de tubo de 200m de longitud, de cara a la compra de 3 de estos rollos. Un ejemplo de fabricante que aporte este tipo de rollos podría ser la marca Roth.

➤ **Bomba de circulación**

En este punto, se deberán calcular las pérdidas de carga que se darán a lo largo de toda la longitud de tubo (normalizado en la norma UNE-EN-1264), y considerando los codos, accesorios y el resto de pérdidas, incluso teniendo en cuenta las pérdidas que causará el cliente mediante la manipulación del cuadro de detentores en la caja de colectores de la vivienda (acción que se realiza para que pase mayor o menor cantidad de agua en función de la estancia en la se encuentra), además de según la superficie a calefactar y según las necesidades instantáneas.

Ahora, se calcularán dichas pérdidas de carga, teniendo en cuenta todos los tipos de pérdidas que se tendrán en este sistema de calefacción, que se expresa:

$$\Delta P_{max}(Pa) = \Delta P_{circuito} + \Delta P_{acces} + \Delta P_{col} + \Delta P_{bomba-col} \quad (43)$$

Donde:

- $\Delta P_{circuito}$ mayor pérdida de carga de entre los circuitos de las estancias.
- ΔP_{acces} pérdida de carga debida a los accesorios de la instalación, como los codos, válvulas, uniones. Son pérdidas de carga secundarias como se ve establecido según la normativa UNE 149201:2017.
- ΔP_{col} pérdida de carga producida en el colector entre ida, accesorios y retorno. Se determina en función del colector, del caudal y la cantidad de circuitos que haya en la instalación.

- $\Delta P_{bomba-col} \dots \dots$ pérdida de carga producida en las tuberías que separan bomba y colector. Las tuberías más comunes son las de Uponor wirsbo-evalPEX, y establecen esta pérdida de carga como inferior a 0,2 kPa/m.

➤ **$\Delta P_{circuito}$**

Se empleará la ecuación de Darcy-Weisbach para obtenerla:

$$\Delta P = \frac{f \cdot v^2 \cdot L}{2g \cdot D} = \frac{f \cdot m_H^2 \cdot L}{2g \cdot D \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right)^2} = \frac{\rho_{agua} \cdot f \cdot m_H^2 \cdot 8L}{\pi^2 \cdot D^5} = (mca) \quad (44)$$

Siendo:

- $f \dots \dots$ factor de fricción de Darcy (adim.)
- $v \dots \dots$ velocidad media del fluido calefactor
- $L \dots \dots$ longitud de la tubería
- $D \dots \dots$ diámetro de la tubería (en viviendas, habitual 16mm, con tubos de dimensiones 20x2)
- $m_H \dots \dots$ caudal de fluido

Pero, como se ve, el factor de fricción es una incógnita, y se halla mediante el número adimensional de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho_{agua} \cdot v \cdot D}{\mu_{agua}} = \frac{\rho_{agua} \cdot \frac{m_H}{S_{tubo}} \cdot D}{\mu_{agua}} \quad (45)$$

Se considerará $\mu_{agua} = 0,000720$, yendo por dentro del tubo para una $T = 35^\circ C$.

Una vez se haya calculado el número de Reynolds para cada circuito, habrá que hallar el factor de fricción, que dependerá de si la instalación se encuentra en régimen laminar o turbulento.

- Para flujo laminar, con $Re < 2000$, se empleará la siguiente fórmula:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (46)$$

- Para flujo turbulento (con $Re > 4000$), o si se encuentra en la zona intermedia de transición (con $2000 < Re < 4000$), será necesario entrar en el diagrama de Moody, donde el factor de fricción será:

$$f = f\left(Re, \frac{\varepsilon}{D}\right) \quad (47)$$

Donde $\frac{\varepsilon}{D}$ es la relación entre la rugosidad del polietileno reticulado y el diámetro del tubo, y es el eje vertical del diagrama de Moody (ver abajo).

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,007 \text{ mm}}{D} \quad (48)$$

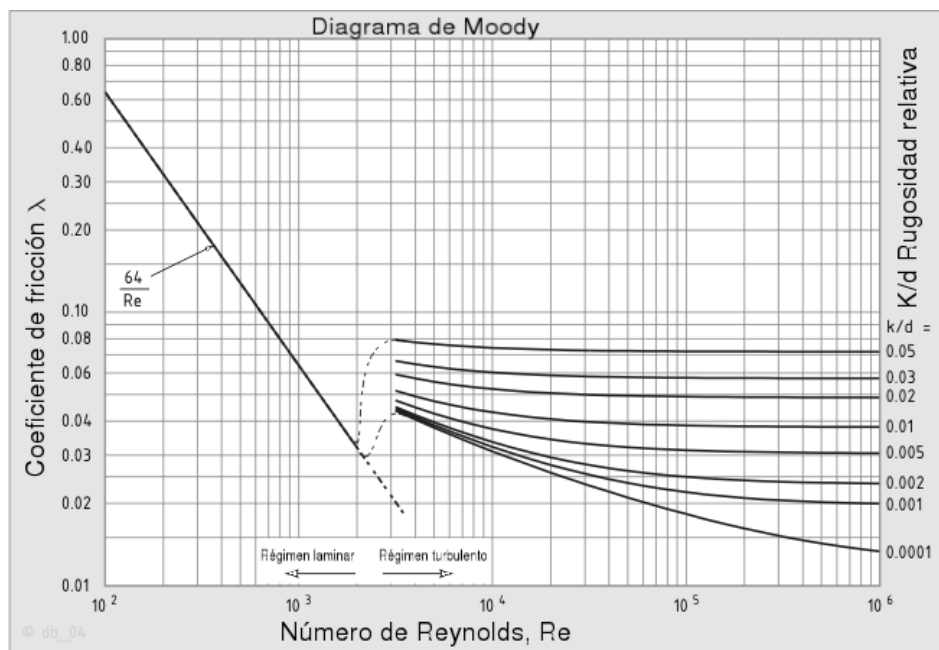


Ilustración 70. Diagrama de Moody

Entonces, se obtiene una tabla de recopilación de todos estos cálculos:

<i>Estancia</i>	$m_H (m^3/s)$	$S_{tubo} (m^2)$	$v (m/s)$	Re	f	$L (m)$	$\Delta P (Pa)$
<i>Vestibulo</i>	$1,1224 \cdot 10^{-5}$	$2,0106 \cdot 10^{-4}$	0,056	1236,837	0,052	48,22	242,2699
<i>Salon</i>	$2,4171 \cdot 10^{-5}$	$2,0106 \cdot 10^{-4}$	0,120	2663,422	0,0356	108,74	1743,0066
<i>Cocina</i>	$1,2502 \cdot 10^{-5}$	$2,0106 \cdot 10^{-4}$	0,062	1377,614	0,046	64,8	362,6290
<i>Baño</i>	$4,6052 \cdot 10^{-5}$	$2,0106 \cdot 10^{-4}$	0,229	5074,617	0,0392	81	5189,8819
<i>Dormitorio 1</i>	$1,6643 \cdot 10^{-5}$	$2,0106 \cdot 10^{-4}$	0,083	1833,930	0,035	111,6	831,3941
<i>Dormitorio 2</i>	$6,4320 \cdot 10^{-6}$	$2,0106 \cdot 10^{-4}$	0,0320	708,756	0,090	44,9	129,2715
<i>Dormitorio 3</i>	$6,3874 \cdot 10^{-6}$	$2,0106 \cdot 10^{-4}$	0,0318	703,844	0,091	41,7	119,2264
<i>Dormitorio 4</i>	$6,9763 \cdot 10^{-6}$	$2,0106 \cdot 10^{-4}$	0,0347	768,733	0,083	68,4	213,5952
<i>Distribuidor</i>	$3,6743 \cdot 10^{-6}$	$2,0106 \cdot 10^{-4}$	0,0183	404,882	0,158	12,53	20,6082

Tabla 65. Pérdidas de carga en los circuitos de las diferentes estancias

Como se puede observar, la máxima pérdida de carga que se obtiene y, por tanto, la que marcará el tipo de bomba que se necesite, es para el baño, con **5189,88 Pa**.

➤ ΔP_{acces}

Estas pérdidas son las asociadas a las pérdidas de carga secundarias, relacionadas con codos, válvulas, uniones en T... Estas se suelen estimar como dice la norma UNE-149201, específica para la determinación de las pérdidas de carga, como un 30 por ciento de la potencia primaria del circuito (ya calculada):

$$\Delta P_{acces} = 30\% \cdot \Delta P_{circuito} = 0,3 \cdot 5189,88 = 1556,96 \text{ Pa} \quad (49)$$

➤ ΔP_{col}

Esta es la pérdida de carga del colector de ida y retorno más sus accesorios, y se obtiene según la siguiente gráfica teniendo en cuenta el caudal total m_H (l/s), en el presente caso $0,134$ l/s ; y el número de circuitos que tiene la instalación, en este caso, 9 circuitos.

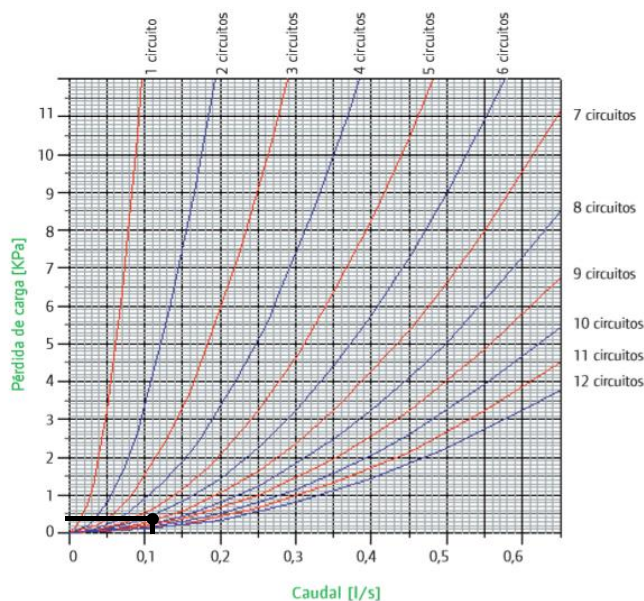


Tabla 66. Pérdida de carga en el colector según el número de circuitos

Como se puede comprobar en el gráfico, se obtiene aproximadamente una pérdida de carga de unos 420 Pa .

➤ $\Delta P_{bomba-col}$

Esta pérdida de carga consiste en la pérdida que se produce entre bomba y colector, que se halla mediante la gráfica siguiente en kPa/m , y se hace entrando con el caudal total m_H (l/s), y cortando con el tipo de tubos elegido. En el caso que se estudia, se elige el más pequeño del gráfico ($32 \times 2,9$), y suponiendo que la distancia entre bomba y colector en $3,5m$, se obtiene:

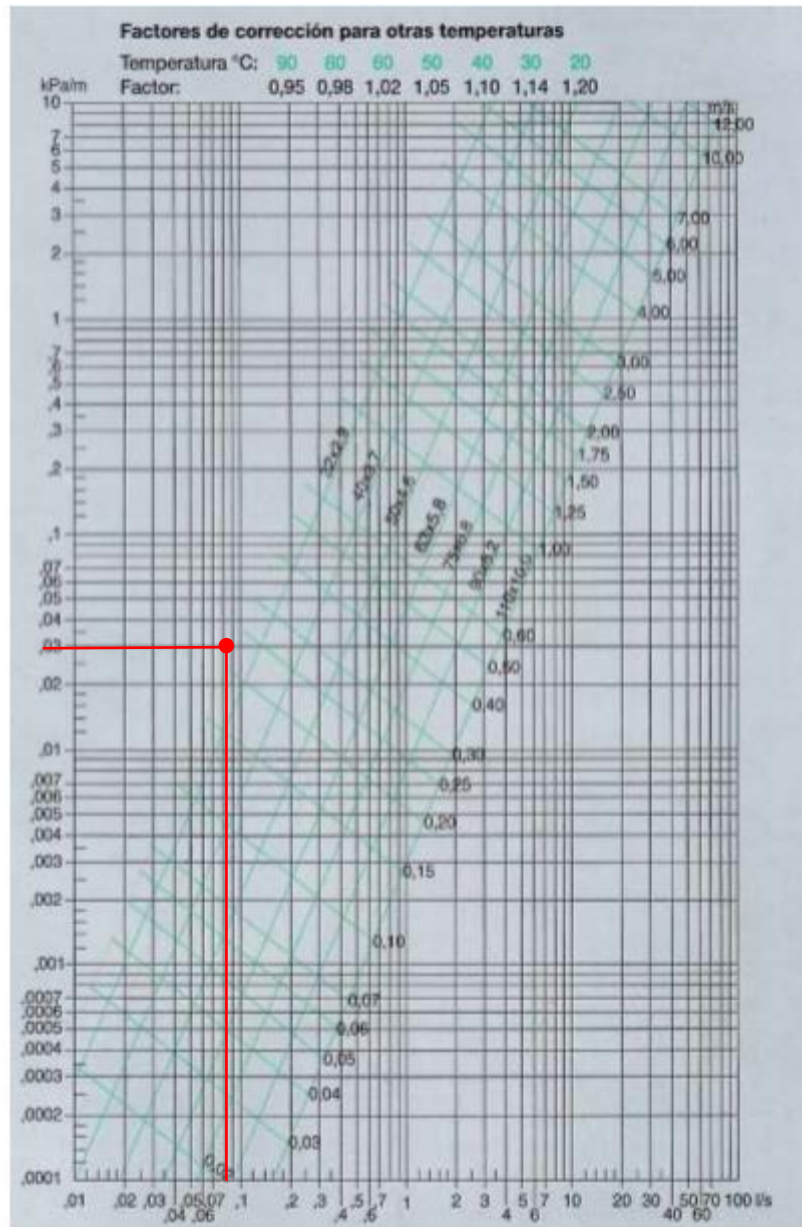


Ilustración 71. Pérdida de carga lineal entre bomba y colector

Entonces, se tiene:

$$\Delta P_{bomba-col} = 0,03 \frac{kPa}{m} \cdot 3,5 m = 105 Pa \quad (50)$$

De modo que, sumando todas las pérdidas de carga anteriores, recuperando la ecuación (43), el resultado para esta instalación es una pérdida total de:

$$\Delta P_{max} = \Delta P_{circ} + \Delta P_{acces} + \Delta P_{col} + \Delta P_{b-c} = 7272 Pa$$

Para seleccionar la bomba más adecuada a esta instalación, dentro de un intervalo correcto de funcionamiento, se puede optar por una bomba por ejemplo del fabricante Wilo y, entre ellos, el modelo de bomba Wilo STAR-RS-25/4, de 15,5W.

1.18.12. Dimensionamiento del acumulador

Según se dice en el CTE, el sistema de acumulación solar tiene que dimensionarse según la cantidad de energía que aporta durante el día, además de según la potencia de los captadores solares, de modo que debe preverse una acumulación acorde a la demanda. Además, hay que tener en cuenta también la superficie de captación, ya que, si es demasiado grande en relación con el tamaño del depósito, se obtendrían temperaturas muy altas y una eficiencia demasiado baja; al igual que si ocurre al revés, se obtendrían unas temperaturas demasiado bajas para lograr obtener una buena eficiencia.

El Código Técnico indica que, para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

De esta forma se puede observar la relevancia que tiene el área total de captación de cara al cálculo del volumen de almacenamiento. En esta instalación de ACS se tiene 4m² de superficie, de modo que se deberá poseer un acumulador cuyo volumen de almacenaje esté entre estos valores:

$$400 L < V < 1440 L$$

En la instalación de estudio, valdrá con el almacenamiento mínimo establecido por el CTE, que será un acumulador de 800 litros para todos los días del año.

ANEJO B: FICHAS TÉCNICAS

PS 2.0

ROCA
BAXI GROUP

ES

Captador Solar Plano

Instrucciones de Instalación,
Montaje y Funcionamiento para el
INSTALADOR y USUARIO

GB

Flat-Plate Solar Collector

Installation, Assembly and
Operating Instructions for the
INSTALLER and the USER

PT

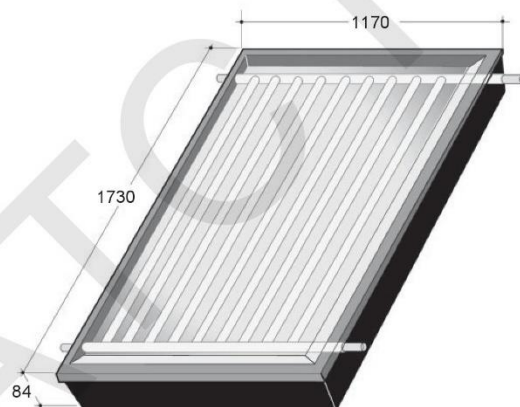
Captador Solar Plano

Instruções de Instalação,
Montagem e Funcionamento para o
INSTALADOR e UTENTE



Dimensiones y Características Técnicas / Dimensions and Technical Specifications Dimensões e Características Técnicas

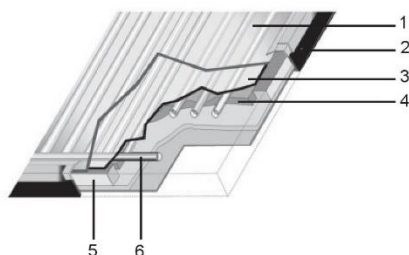
Largo de la superficie con cristal / Length of glazed surface / Comprimento da superfície de vidro (mm)	1.730
Largo de la superficie de apertura / Length of aperture area / Lunghezza della superficie di apertura	1.695
Ancho de la superficie con cristal / Width of glazed surface / Largura da superfície do vidro (mm)	1.170
Ancho de la superficie de apertura / Width of aperture area / Largura della superficie di apertura	1.135
Alto / Height / Altura (mm)	84
Ø Tubos conexión / Connecting pipes / Tubos de ligação (mm)	22
Superficie total / Total surface area / Superfície total (m ²)	2,03
Superficie apertura / Aperture area / Superfície da abertura (m ²)	1,92
Superficie del absorbedor / Absorber surface area / Superfície do absorvedor (m ²)	1,84
Capacidad (litros) / Capacity (litres) / Capacidade (litros)	1,5
Peso en vacío / Weight - empty / Peso em vácuo (kg)	37,1
Presión máxima de trabajo / Maximum working pressure / Pressão máxima de trabalho (bar)	10
Temperatura de estancamiento / Stagnation temperature / Temperatura de estancamento (I = 1.000 W/m ² ; Ta = 30 °C) °C	234
Rendimiento óptico / Optical loss / Rendimiento óptico (%)	76
Coef. de pérdidas k1 / Thermal loss factor k1 / Coef. de pérdidas k1 (W/m ² ·K) :	3,191
Coef. de pérdidas k2 / Thermal loss factor k2 / Coef. de pérdidas k2 (W/m ² ·K ²) :	0,025



4 tubos Cu Ø 22 x 1
4 copper tubes Ø 22 x 1
4 tubos Cu Ø 22 x 1

ES

Descripción



1. Cubierta

Un vidrio templado de 4 mm con bajo contenido en hierro (< 4%) que, debido a su construcción prismática, permite captar la radiación solar desde diversos ángulos de procedencia. La estanquidad está garantizada por un cordón de silicona y una junta de EPDM por todo el perímetro.

2. Caja contenedora

Carcasa de aluminio anodizado natural fuertemente aislada.

3. Conjunto absorbedor

Placa absorbidora de aluminio con tratamiento superficial selectivo por bombardeo catódico (sputtering) de alto coeficiente de absorbancia. Se une esta placa absorbidora a la parrilla de tubos mediante un proceso de soldadura láser.

4. Aislante del fondo

Manta de lana de roca de 40mm.

5. Parrilla de tubos de fluido caloportador

Se compone de 2 tubos de cobre colector de 22mm y 12 tubos de cobre verticales de 8mm.

Forma de suministro y transporte

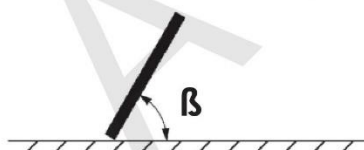
El colector se protege con cantoneras de cartón en los extremos. Durante el transporte mantener el captador en posición horizontal apoyado sobre su fondo, o bien vertical apoyado en uno de sus lados de menor longitud.

Instalación

Respetar la Normativa en vigor.

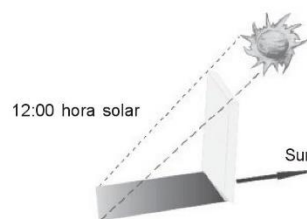
Disposición en la cubierta

Inclinación:



Periodo de utilización	β
Anual (recomendada)	Latitud °
Invierno	(Latitud + 10)°
Verano	(Latitud - 10)°

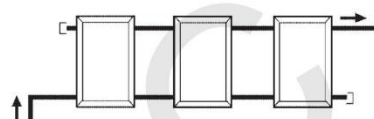
Orientación:



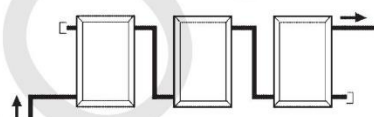
Sur geográfico con una desviación máxima de $\pm 25^\circ$

Conexión entre colectores solares

Se recomienda una **conexión en paralelo**. No es conveniente instalar más de 10 colectores solares en paralelo.

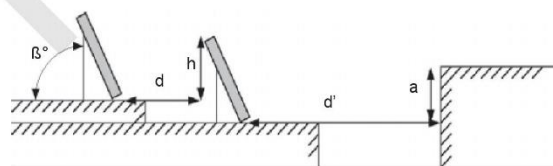


La Normativa permite una **conexión en serie** de hasta 3 colectores solares en serie.



- Entrada de agua fría por conexión inferior.
- Salida de agua caliente por conexión lado opuesto superior.

Distancia entre colectores solares y obstáculos



$$d = h \cdot k \quad d' = 1,732 \cdot a$$

β°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
k	1,532	1,638	1,732	1,813	1,879	1,932	1,970

Fluido caloportador

Para el llenado de la instalación solar puede utilizarse el Líquido solar **ROCA**, con la concentración adecuada para la temperatura exterior mínima previsible en el lugar.

Volumen líquido solar (%)	Temperatura mínima exterior (°C)
25	-10
30	-13
35	-17
40	-21
45	-26

No se debe exceder en ningún caso el 50% de mezcla de agua con glicol.

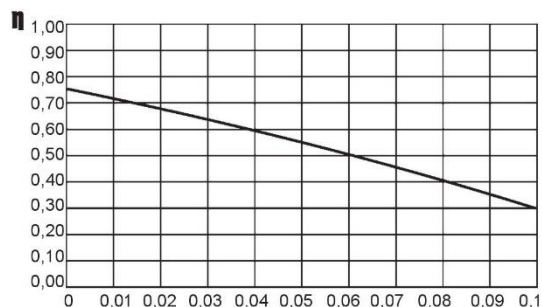
Recomendaciones

- Se recomienda emplear los soportes SCP y ST para la fijación de captadores PS 2.0 a cubierta plana o tejado.
- Se recomienda emplear la interconexión captadores solares ICS-PS2.0 y la conexión hidráulica captadores solares CH-PS2.0 para la conexión hidráulica entre dos o más colectores.
- En instalaciones de hasta 10 colectores solares se recomienda instalar el kit hidráulico KHS 10.
- En instalaciones de hasta 20 colectores solares, se recomienda instalar el kit hidráulico KHS 20.

Montaje

El captador solar PS 2.0 no lo precisa. Se suministra montado.

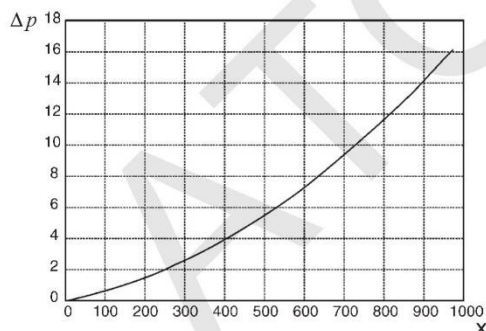
Rendimiento



$\eta = 0,760 - 3,191 \cdot T_m - 0,025 \cdot G \cdot T_m^2$
 T_m = Temperatura media colector
 T_a = Temperatura ambiente
 $G = 1000 \text{ W/m}^2$ Radiación solar
 Ensayo realizado por el Cener

$$T = \frac{T_m - T_a}{G} \left(\frac{^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2}{\text{W}} \right)$$

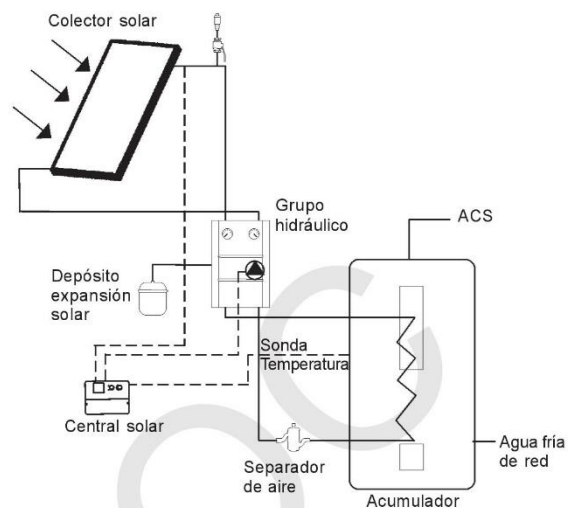
Pérdida de carga



$\Delta p = 0,005 \cdot x + 1,187 \cdot 10^{-5} \cdot x^2$
 Δp = pérdida de carga = mbar
 x = caudal = kg/h

Funcionamiento

El captador plano PS 2.0 aprovecha la radiación solar incidente en su superficie absorbidora para transformarla en calor y transmitirla a un fluido caloportador para su posterior acumulación en un depósito de agua caliente sanitaria.



Así, de esta forma, se consigue reducir el consumo de combustible de la caldera y las emisiones contaminantes contribuyendo a preservar el medio ambiente.

Advertencias importantes

- Se debe/n proteger el/los colector/es de la posible acción de los rayos solares hasta que no se haya llenado la instalación.
- La presencia de aire en estas instalaciones puede afectar gravemente al rendimiento de los colectores solares. Por tanto, es necesaria la instalación de un purgador en cada fila de colectores para garantizar una correcta purga de la instalación. En caso que el purgador sea automático, es imprescindible montar una válvula de cierre antes del purgador.
- En el supuesto de que en la instalación se utilicen, además del cobre, materiales de acero, acero inoxidable, etc. deberá evitarse el contacto entre ellos para prevenir pares galvánicos.
- Particularmente, en instalaciones a circuito cerrado, en las que el líquido solar sea una mezcla de agua y glicoles, se evitará la utilización de hierro galvanizado, así como el aluminio y sus aleaciones.
- En instalaciones a circuito cerrado, si el anticongelante es un glicol, especialmente etilenglicol, han de incorporarse elementos que impidan la contaminación del agua de consumo, tales como detectores de fugas, intercambiadores con doble circuito, presión del circuito sanitario superior a la del de captadores, etc.

Atención

Características y prestaciones susceptibles de cambios sin previo aviso.

Baxi Calefacción, S.L.U.

Salvador Espriu, 9 | 08908 L'Hospitalet de Llobregat | Barcelona
 T. 93 263 0009 | TF. 93 263 4633 | www.baxicalefaccion.com
 A BAXI GROUP company

AS 800-2 E a AS 1500-2 E
AS 1000-1 E a AS 3000-1 E
AS 1000-IN E a AS 3000-IN E
ASC 800/200 E y ASC 1000/250 E

BAXIROCA

ES

**Acumuladores para
Instalaciones Solares**

Instrucciones de Instalación, Montaje y
Funcionamiento para el **INSTALADOR**

PT

**Acumuladores para
Instalações Solares**

Instruções de Instalação, Montagem e
Funcionamento para o **INSTALADOR**

GB

**Storage Cylinders for
Solar Thermal Systems**

Installation, Assembly and Operating Instructions
for the **INSTALLER**



GAMA AS



GAMA ASC

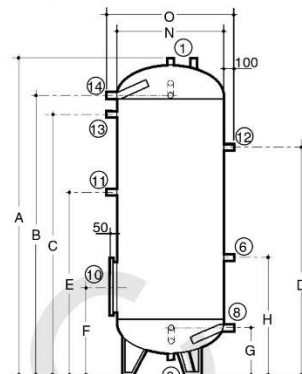
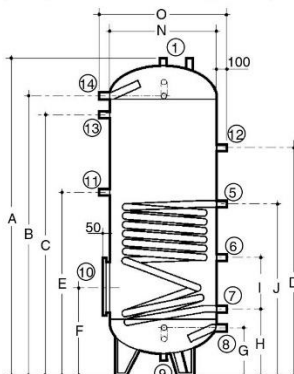
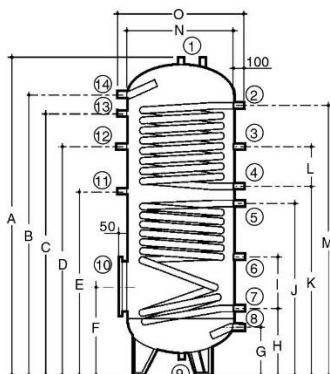
Características principales / Main features / Características principais

AS

AS 800-2 E / 1000-2 E / 1500-2 E(*)
(Doble serpentín / Dual coil / Dupla serpentina)

AS 1000-1 E / AS 1500-1 E / 2000-1 E /
AS 2500-1 E / 3000-1 E
(1 serpentín / 1 coil / 1 serpentina)

AS 1000-IN E / AS 1500-IN E / 2000-IN E /
25000-IN E / 3000-IN E
(Sin serpentín / No coil / Sem serpentina)



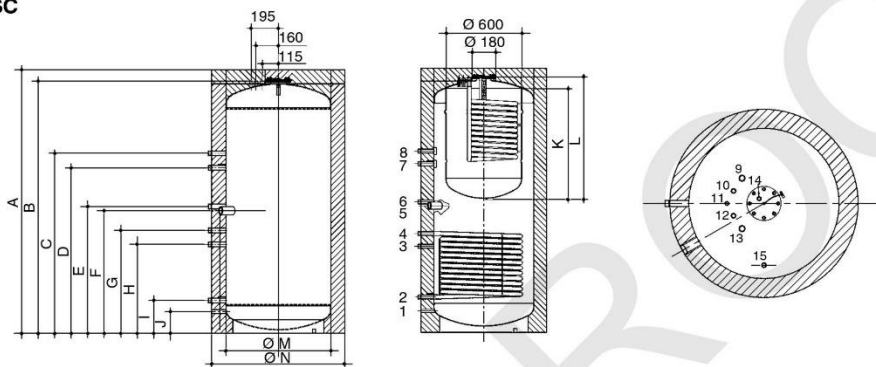
Cotas / Dimensions / Cotas (mm)	AS 800-2 E	AS 1000-2 E	AS 1500-2 E	AS 1000-1 E	AS 1500-1 E	AS 2000-1 E	AS 2500-1 E	AS 3000-1 E	AS 1000-IN E	AS 1500-IN E	AS 2000-IN E	AS 2500-IN E	AS 3000-IN E
A	1.905	2.155	2.205	2.155	2.205	2.550	2.570	2.950	2.155	2.205	2.550	2.570	2.950
B	1.625	1.875	1.935	1.875	1.935	2.210	2.220	2.520	1.875	1.935	2.210	2.220	2.520
C	1.490	1.749	1.825	1.749	1.825	2.090	2.100	2.400	1.749	1.825	2.090	2.100	2.400
D	1.325	1.545	-	1.545	1.600	1.835	1.780	2.080	1.545	1.600	1.835	1.780	2.080
E	1.130	1.235	1.345	1.235	1.345	1.485	1.470	1.550	1.235	1.345	1.485	1.470	1.550
F	606	606	660	606	660	696	756	756	606	660	696	756	756
G	255	255	315	255	315	340	400	400	255	315	340	400	400
H	359	385	460	385	460	500	560	560	790	850	870	1.030	1.030
I	341	405	390	405	390	370	470	470	-	-	-	-	-
J	1.079	1.105	1.290	1.105	1.290	1.400	1.415	1.460	-	-	-	-	-
K	1.190	1.345	1.400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	140	200	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M	1.526	1.745	1.805	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N	790	790	1.000	790	1.000	1.100	1.200	1.200	790	1.000	1.100	1.200	1.200
O	990	990	1.200	990	1.200	1.300	1.400	1.400	990	1.200	1.300	1.400	1.400

	Conexión / Connection / Ligação	Diámetro / Diameter / Diámetro	Diámetro / Diameter / Diámetro	Diámetro / Diameter / Diámetro
		AS 800-2 E / AS 1000-2 E / AS 1500-2 E(*)	AS 1000-1 E / AS 1500-1 E / AS 2000-1 E / AS 2500-1 E / AS 3000-1 E	AS 1000-IN E / AS 1500-IN E / AS 2000-IN E / AS 2500-IN E / AS 3000-IN E
1	Ánodo de magnesio / Magnesium anode / Ânodo de magnésio	1 1/4" x 2	1 1/4" x 2	1 1/4" x 2
2	Ida caldera / Boiler flow / Ida da caldeira	1 1/4"	-	-
3	Sonda circuito caldera / Boiler circuit sensor / Sonda circuito caldeira	1/2"	-	-
4	Retorno caldera / Boiler return / Retorno da caldeira	1 1/4"	-	-
5	Salida de circuito solar / Solar circuit flow / Ida do circuito solar	1 1/4"	1 1/4"	-
6	Sonda circuito solar / Solar circuit sensor / Sonda circuito solar	1/2"	1/2"	1/2"
7	Entrada de circuito solar / Solar circuit return / Retorno do circuito solar	1 1/4"	1 1/4"	-
8	Entrada agua de red / Mains water inlet / Entrada de água da rede	1 1/4"	1 1/4" x 2	1 1/4" x 2
9	Vaciado / Drain / Esvaziamento	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
10	Brida de Inspección / Inspection flange / Flange de inspeção	Ø 480 mm	Ø 480 mm	Ø 480 mm
11	Resistencia (opcional) / Heater (optional) / Resistência (opcional)	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
12	Recirculación / Re-circulation / Recirculação	1"	1"	1"
13	Termómetro / Thermometer / Termómetro	1/2"	1/2"	1/2"
14	Consumo / DHW Draw-off / Consumo	1 1/4"	1 1/4" x 2	1 1/4" x 2

(*) El depósito AS 1500-2 E dispone de 2 conexiones (8) y 2 conexiones (14). / The tank AS 1500-2 E have 2 connections (8) and 2 connections (14) / O depósito AS 1500-2 E dispõe de 2 ligações (8) e 2 ligações (14).

	AS 800-2 E	AS 1000-2 E	AS 1500-2E	AS 1000-1 E	AS 1500-1E	AS 2000-1 E	AS 2500-1 E	AS 3000-1 E	AS 1000-IN E	AS 1500-IN E	AS 2000-IN E	AS 2500-IN E	AS 3000-IN E
Capacidad (l) / Capacity (litres) / Capacidade (litros)	800	1.000	1500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
Peso vacío / Weight - empty / Peso em vazio (Kg)	228	254	430	230	405	465	548	646	198	357	405	483	576
Superficie (m2) serpentín superior (caldera) / Area (m2) upper coil (boiler) / Superfície (m2) serpentina superior (caldeira)	1,5	1,8	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Superficie (m2) serpentín inferior (captadores) / Area (m2) lower coil (collectores) / Superfície (m2) serpentina inferior (captadores)	2,4	2,4	4,2	2,4	4,2	4,5	4,8	5,2	-	-	-	-	-
Presión máxima en A.C.S. / Max. DHW Pressure / Pressão máxima em A.Q.S.	10 bar	10 bar	10 bar	10 bar	10 bar	10 bar	10 bar	10 bar	10 bar	10 bar	10 bar	10 bar	10 bar
Temperatura máxima en A.C.S. / Max. DHW Temperature / Temperatura máxima em A.Q.S.	95°C	95°C	95 °C	95°C	95 °C	95°C	95 °C	95°C	95°C	95 °C	95°C	95 °C	95°C
Presión máxima circuito primario / Maximum pressure primary circuit / Pressão máxima circuito primário	25 bar	25 bar	25 bar	25 bar	25 bar	25 bar	25 bar	25 bar	25 bar	25 bar	25 bar	25 bar	25 bar
Temperatura máxima circuito primario / Maximum Temperature primary circuit / Temperatura máxima circuito primário	200°C	200°C	200 °C	200°C	200 °C	200°C	200 °C	200°C	200°C	200 °C	200°C	200 °C	200°C

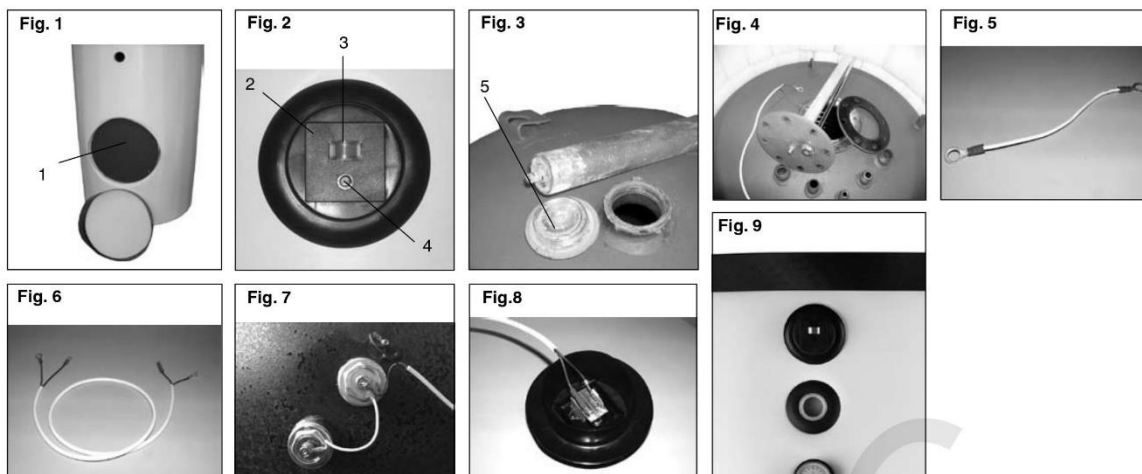
ASC



	Conexión / Connection / Ligação	Diámetro / Diameter / Diâmetro
		ASC 800/200-E / ASC 1000/250-E
1	Vaciado / Drain / Esvaziamiento	1/2"
2	Salida de circuito solar / Solar circuit flow / Ida do circuito solar + (Sonda/Sensor/Sonda)	1"
3	Ida caldera / Boiler flow / Ida da caldeira	1"
4	Entrada de circuito solar / Solar circuit return / Retorno do circuito solar	1"
5	Resistencia (opcional) / Heater optional / Resistência (opcional)	1 1/2"
6	Retorno circuito calefacción / Heating circuit return / Retorno do circuito aquecimento	1"
7	Retorno caldera / Boiler return / Retorno da caldeira + (Sonda/Sensor/Sonda)	1"
8	Ida circuito calefacción / Heating circuit flow / Ida do circuito aquecimento	1"
9	Entrada circuito caldera / Boiler circuit return / Retorno circuito caldeira	1"
10	Salida A.C.S. / DHW flow / Saída A.Q.S	3/4"
11	Recirculación / Recirculation / Recirculação	1/2"
12	Entrada agua de red / Mains water inlet / Entrada água da rede	3/4"
13	Ida circuito caldera / Boiler circuit flow / Ida circuito caldeira	1"
14	Sonda A.C.S. / DHW sensor / Sonda A.Q.S	-
15	Purgador / Air vent / Purgador	1/2"

Modelos Models Modelos	Cotas / Dimensions / Cotas (mm)													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Ø M	Ø N
ASC 800 / 200 E	1.880	1.800	1.285	1.180	905	875	735	635	235	155	770	857	750	950
ASC 1000 / 250 E	2.084	2.010	1.430	1.330	1.030	1.000	780	680	280	170	870	954	790	990

Modelos / Models / Modelos		ASC 800/200 E	ASC 1000/250 E
Capacidad total / Total capacity / Capacidade total	(l)	750	950
Capacidad ACS / DHW Capacity / Capacidade A.Q.S.	(l)	200	230
Peso vacío / Weight empty / Peso em vazio	(kg)	200	240
Peso lleno / Weight full / Peso cheio	(kg)	950	1.190
Superficie serpentín superior / Area upper coil / Superfície serpentina superior	(m2)	1,20	1,30
Superficie serpentín inferior / Area lower coil / Superfície serpentina inferior	(m2)	2,40	2,40
Capacidad serpentín superior / Capacity upper coil / Capacidade serpentina superior	(l)	7,50	8,00
Capacidad serpentín inferior / Capacity lower coil / Capacidade serpentina inferior	(l)	15,00	15,00
Presión máxima en ACS / Max. DHW Pressure / Pressão máxima em A.Q.S.	(bar)	10	10
Temperatura máxima en ACS / Max. DHW Temperature / Temperatura máxima em A.Q.S.	(°C)	95	95
Presión máxima calefacción / Maximum pressure heating / Pressão máxima aquecimento	(bar)	3,5	3,5



ES

Depósitos acumuladores de 800, 1000, 1500, 2000, 2500 y 3000 litros de capacidad para instalaciones solares.

Los modelos AS 800-2 E, AS 1000-2 E y AS 1500-2 E incorporan dos serpentines de intercambio. El inferior conectado al circuito de los colectores solares y el superior se utiliza para el posible calentamiento adicional con caldera de apoyo.

Los modelos AS 1000, 1500, 2000, 2500 y 3000-1 E, incorporan un serpentín de intercambio conectado al circuito de los colectores solares. El calentamiento del agua en los depósitos acumuladores sin serpentín AS 1000, 1500, 2000, 2500 y 3000-IN E se efectúa a través de intercambiadores exteriores.

Opcionalmente en todos los modelos AS se puede suministrar una resistencia eléctrica.

Los modelos ASC 800/200 y 1000/250 se han diseñado para aplicaciones combinadas de agua caliente sanitaria y calefacción.

Tanto los acumuladores como serpentines de intercambio, son de acero esmaltado y están protegidos con ánodos de magnesio.

Todos los modelos calorifugados con espuma de poliuretano flexible y revestidos con manta del mismo material, forrada de plástico blanco con cremallera de cierre.

Forma de suministro

Sobre palet de madera, protegidos para el transporte.

En los modelos de 2000, 2500 y 3000 litros, la manta aislante de espuma de poliuretano se suministra desmontada.

Instalación

- Siempre en posición vertical.
- En cumplimiento de la actual Normativa montar en la entrada de agua fría de red al depósito una llave de paso, una válvula de retención y una válvula de seguridad tarada a una presión inferior a 10 bar.

Montaje modelos AS

- Revestir el depósito (mod. 2000, 2500 y 3000 litros) con la manta de poliuretano y cerrar su cremallera.

- Realizar las conexiones hidráulicas con la instalación solar y, si procede (modelos AS 800 y 1000 - 2 E), con la caldera de apoyo. En caso de no conectar caldera de apoyo, colocar tapones en las conexiones del serpentín superior.
- Realizar las conexiones hidráulicas con la entrada de agua de red (8) y el consumo (14), intercalando manguitos dieléctricos.
- Introducir las sondas solar y de una posible caldera en (6) y (3), respectivamente.
- Instalar un grifo de vaciado en (9) conducir su descarga a un desagüe.

Montaje del ánodo de magnesio en modelos de 2000, 2500 y 3000 litros

- Roscar los tapones del ánodo en las dos conexiones de 1 1/4" que están soldadas en la parte superior del tanque.
- Conectar los terminales del cable (figura 5), en los dos bornes del ánodo.
- Conectar el terminal del cable marrón (figura 6) al borne del ánodo y fijar el terminal del cable azul a la pletina de puesta a tierra mediante un tornillo.
- Atornillar una tuerca M8 sobre cada borne del ánodo y el tanque quedará según se observa en la figura 7.
- Conectar los dos terminales faston sobre los terminales especiales de la parte posterior del indicador del estado del ánodo (el cable marrón sobre el terminal +). Figura 8
- Ubicar el indicador de ánodo en su alojamiento correspondiente. Figura 9

Montaje modelos ASC

- Realizar las conexiones hidráulicas con la instalación solar y el circuito de calefacción.
- Igualmente con la entrada de agua de red (12) y salida de A.C.S. (10), intercalando manguitos dieléctricos.
- Realizar las conexiones del circuito primario (9 y 13) del depósito de A.C.S. a la caldera de apoyo.
- Introducir las sondas solar y de una posible caldera en (2) y (7), respectivamente.
- Asimismo introducir la sonda de A.C.S. en (14)
- Instalar un grifo de vaciado en (1) y conducir su descarga a un desagüe.

Tapar todas las conexiones que hayan quedado libres después del correspondiente montaje.

Funcionamiento

La transmisión de calor entre el/los circuito/s primario/s y el secundario se establece según los valores de temperatura establecidos en la central solar de regulación **BAXIROCA CS*** y en el termostato de la caldera de apoyo, si la hubiera.

* Consultar sus Instrucciones.

Limpieza

- Periódicamente, cuando sea necesaria, vaciar el depósito.
- En modelos AS retirar la tapa de plástico y desmontar los tornillos que fijan la brida (1). Figura 1.
- En modelos ASC retirar la brida superior. Figura 4
- Limpiar las zonas del interior que sean accesibles.
- Retirar los residuos sólidos que se hayan depositado en la base del acumulador.

Mantenimiento

IMPORTANTE: Controlar con frecuencia el desgaste del ánodo de magnesio y sustituirlo de inmediato cuando su estado lo haga necesario. El deterioro del depósito como consecuencia de no haber sustituido el ánodo gastado y, por tanto inoperante, por otro nuevo puede comportar la PÉRDIDA DE LA GARANTÍA del Fabricante.

El desgaste del ánodo se detecta en el indicador del estado del ánodo (2). Figura 2. Cuando al presionar el pulsador (4) Figura 2, el índice (3) se sitúa en el interior de la zona roja es la señal de que el ánodo gastado ya no protege el depósito.

Para sustituir el ánodo, en modelos AS proceder a:

- Cerrar las llaves de entrada y salida de agua sanitaria al depósito y vaciar el depósito por el grifo de desagüe (9). (Según esquema conexiones)
- Desenroscar el tapón (5) y desenroscar el ánodo gastado. Figura 3.

- Sustituir el ánodo gastado por otro nuevo y rehacer la operativa a la inversa, hasta abrir las llaves o llenar de agua el depósito.
- En modelos ASC, cerrar la llave de entrada de agua de la red al depósito y abrir un grifo del agua caliente hasta eliminar la presión en el depósito.
- Levantar la tapa de plástico superior y previa desconexión de los cables del ánodo desmontar la tapa-bridá, aflojando los tornillos que la fijan al depósito.
- Desmontar el ánodo gastado aflojando la tuerca que lo fija a la bridá. (Figura 4).
- Sustituirlo por otro nuevo, montando todos los componentes en el orden inverso a la operativa utilizada.

Atención:

Características y prestaciones susceptibles de cambios sin previo aviso.

Marcado CE

Los depósitos AS son conformes a la Directiva Europea 97/23/CEE de Equipos de presión.

GB

Storage cylinders of 800, 1000, 1500, 2000, 2500 and 3000 litres for solar thermal systems. Models AS 800-2 E, AS 1000-2 E and AS 1500-2 E are fitted with two heat exchange coils. The lower coil is connected to the solar collectors and the upper coil is used for the possible additional heating by means of a back-up boiler.

Models AS 1000, 1500, 2000, 2500 and 3000-1 E are equipped with a heat exchange coil connected to the solar collector circuit.

Water heating in storage cylinders without coil AS 1000, 1500, 2000, 2500 and 3000-IN E takes place through external heat exchangers. Optionally, all AS models can be supplied with a heating element.

ASC 800/200 and 1000/250 have been designed for combi applications of domestic hot water and heating.

Both the storage vessels and the coils are in enamelled steel and protected by magnesium sacrificial anodes.

All models are heat-insulated with they are heat-insulated with flexible polyurethane foam and covered with the same insulating material, lined with white plastic and a zip fastener.

Delivery

They come on a wooden pallet and are suitably protected for transport.

In models of 2,000, 2,500 and 3,000 litres, the polyurethane foam blanket is delivered knocked-down.

Installation

- Always in a vertical position.
- To comply with current regulations, the following must be fitted in the cylinder's cold water mains inlet: a shut-off valve, a check valve, and a pre-set pressure relief valve at a pressure of less than 10 bar.

AS model assembly

- Cover the cylinder (mod. 2,000 and 3,000 litres) with a polyurethane blanket and close the zip, as required.
- Make the hydraulic connection to the solar thermal system and, if appropriate (AS models 800, 1000-2 E and 1500-2 E), to the backup boiler.
- If you do not plug boiler support, place caps on the connections of the coil higher.
- Also make the hydraulic connection to the water mains inlet (8) and hot draw-off (14), inserting dielectric sockets.
- Insert the solar sensor and that for a possible boiler in the tappings (6) and (3) respectively.
- Install a drain cock in (9) and route the discharge to a drain system.

Magnesium anode assembly in models 2000, 2500 and 3000 liters

- To screw the anode caps on the two connections 1"1/4G, which are welded on top of the tank.
- To thread the eyelets of the cable (figure 5) on the two pins of the anodes.
- To thread the eyelet of the brown cable (figure 6) on the pin of an anode and fix the eyelet of the blue cable on the grounding plate with a screw.
- To screw a nut M8 on every pin of the anode and the tank will look like the figure 7.
- To thread the two fastons on the special pin on the back side of the anode tester (brown cable on the pin +). Figure 8.
- Place the anode tester in its corresponding location. Figure 9

ASC model assembly

- Make the hydraulic connection to the solar thermal system and heating circuit.
- Also make the hydraulic connection to the water mains inlet (12) and hot draw-off (10), inserting dielectric sockets.
- Make connections of the primary circuit (9 and 13) of the cylinders of DHW to the backup boiler.
- Insert the solar sensor and that for a possible boiler in the tappings (2) and (7) respectively.
- Also make insert DHW sensor (14)
- Install a drain cock in (1) and route the discharge to a drain system.

Stopper all connections that have been free after assembly.**Operation**

The heat transfer between the primary and secondary circuit(s) is established according to the temperature values set in the **BAXIROCA CS*** solar control centre, in the thermostat in the optional **BAXIROCA RC*** electric heating element or the back-up boiler, if any.

* See the respective Instructions.

Cleaning

- Empty the tank when necessary.
- In AS model take away the plastic cover and unplug the screws that fix the flange (1). Figure 2.
- In ASC model, remove the top flange.
- Clean the parts inside accessible.
- Remove the solid parts on the bottom of the tank.

Maintenance

IMPORTANT: Control frequently the erosion of the magnesium anode and replace it immediately when necessary. The damage of the tank as a result of not having replaced a extinguished anode could be a reason to loose the warranty of the manufacturer. The anode erosion level could be know by pushing the bottom of the sensor (2). Figure 2. When pushing the bottom (4) Figure 2 and the arrow is on the red area means that the anode is extinguished and must be replaced immediately.

To replace the anode on AS range, proceed to:

- Close the inlet and outlet valves and empty the tank through the drain connection (9). See connections diagram.
- Unplug the tap (5) and unplug the extinguished anode.
- Replace the extinguished anode by a new one and undo the above procedure until the opening of the valves and the filling of the tank.

On ASC range, close the water inlet valve and open a tap of hot water until there is no pressure in the tank.

- Rise the plastic cover above and unlock the flange, unplugging the screws that fix it to the tank. Figure 4.
- Uninstall the extinguished anode, unplugging the nut that fixes it to the flange.
- Replace the anode by a new one, installing all the components following this procedure on reverse.

Attention:

Specifications and performance qualities subject to change without notice.

CE marked

AS cylinders are certified to comply with the essential requirements of the Pressure Equipment Directive 97/23/EEC.

PT

Depósitos acumuladores de 800, 1000, 1500, 2000, 2500 e 3000 litros de capacidade para instalações solares.

Os modelos AS 800-2 E, AS 1000-2 E e AS 1500-2 E incorporam duas serpentinas de permuta de calor. A inferior ligada ao circuito dos colectores solares e a superior para ser utilizada como aquecimento adicional com caldeira de apoio.

Os modelos AS 1000, 1500, 2000, 2500 e 3000-1 E, incorporam uma serpentina de permuta de calor para ser ligada ao circuito dos colectores solares.

O aquecimento da água nos depósitos acumuladores sem serpentina AS 1000, 1500, 2000, 2500 e 3000-IN E efectua-se através de permutadores externos.

Opcionalmente, em todos os modelos AS pode fornecer-se uma resistência eléctrica.

Os modelos ASC 800/200 e 1000/250 foram desenhados para aplicações combinadas de água quente sanitária e aquecimento.

Tanto os acumuladores como as serpentinas de permuta de calor, são de aço esmaltado e estão protegidos com ânodos de magnésio.

Todos os modelos são isolados com espuma de poliuretano flexível e revestidos com manta do mesmo material, forrada a plástico branco com fecho de correr metálico.

Forma de fornecimento

Sobre paleta de madeira, protegidos para o transporte.

Nos modelos de 2000, 2500 e 3000 litros, a manta isolante de espuma de poliuretano é fornecida desmontada.

Instalação

- Sempre na posição vertical.
- Em cumprimento da actual Normativa montar na entrada de água fria da rede ao depósito uma válvula de corte, uma válvula de retenção e uma válvula de segurança tarada a uma pressão inferior a 10 bar.

Montagem modelos AS

- Quando se proceda, revestir o depósito (MOD. 2000, 2500 e 3000 litros) com a manta de poliuretano e correr o fecho metálico.
- Realizar as ligações hidráulicas com a instalação solar e, se for o caso, com a caldeira de apoio.
No caso de não ligar caldeira de apoio, colocar tampões nas ligações da serpentina superior.
- Igualmente, com a entrada de água da rede (8) e o consumo (14), intercalando uniões dieléctricas.
- Introduzir as sondas solar e de uma possível caldeira em (6) e (3), respectivamente.
- Instalar uma torneira de esgoto em (9) e conduzir a sua descarga para uma tubagem de esgoto.

Montagem ânodo de magnésio em modelos de 2000, 2500 y 3000 litros.

- Roscar os tampões do ânodo nas duas ligações de 1"½ que estão soldadas na parte superior do tanque.
- Ligar os conectores do cabo (figura 5) nos dois pinos do ânodo.
- Ligar os conectores do cabo castanho (figura 6) ao pino do ânodo e fixar o conector do cabo azul à flange de ligação à terra através de um parafuso.
- Roscar uma porca M8 sobre cada pino do ânodo e o tanque ficará como se observa na figura 7.
- Ligar os dois conectores faston sobre o pino especial da parte posterior do indicador de estado do ânodo (o cabo castanho sobre o pino +). Figura 8
- Coloque o indicador do ânodo correspondente à sua localização. Figura 9

Montagem modelos ASC

- Realizar as ligações hidráulicas com a instalação solar e o circuito de aquecimento.
- Ligar, igualmente a entrada de água da rede (12) e a saída de A.Q.S. (10), intercalando manguitos dieléctricos.
- Realizar as ligações do circuito primário (9 e 13) do depósito de A.Q.S. à caldeira de apoio.
- Introduzir as sondas solar e de uma possível caldeira em (2) e (7), respectivamente.
- Da mesma forma, introduzir a sonda de A.Q.S. em (14).
- Instalar uma torneira de esgoto em (1) e conduzir a sua descarga ao esgoto.

Tapar todas as ligações que tenham ficado livres depois da montagem correspondiente.

Funcionamento

A transmissão de calor entre o/s circuito/s primário/s e o secundário é feita segundo os valores de temperatura estabelecidos na central solar de regulação **BAXIROCA CS***, no termostato da possível resistência eléctrica **BAXIROCA RC*** ou o da caldeira de apoio, caso esta exista.

* Consultar as suas Instruções.

Limpeza

- Periodicamente e sempre que seja necessária, esvaziar o depósito.
- Em modelos AS retirar a tampa de plástico e desmontar os parafusos que fixam a flange (1). Figura 1.
- Em modelos ASC retirar a flange superior. Figura 4.
- Limpar as zonas do interior que são acessíveis.
- Retirar os resíduos sólidos que se tenham depositado na base do acumulador.

Manutenção

IMPORTANTE: Controlar com frequência o desgaste do ânodo de magnésio e substituí-lo de imediato quando o seu estado o torne necessário. A deterioração do depósito como consequência da não substituição do ânodo gasto e, portanto, inoperante, por outro novo pode comportar a **PÉRDIA DA GARANTIA** do fabricante.

O desgaste do ânodo detecta-se no indicador do estado do ânodo (2). Figura 2.

Quando pressionar o botão (4) Figura 2, o índice (3) se situar no interior da zona vermelha é sinal de que o ânodo está gasto e já não protege o depósito.

Para substituir o ânodo nos modelos AS, proceder do seguinte modo:

- Fechar as torneiras de entrada e saída de água sanitária do depósito e esvaziar o depósito através da torneira de esgoto (9). (Ver esquema ligações)
- Desrosascar o tampão (5) e o ânodo gasto. Figura 3.
- Substituir o ânodo inoperante por outro novo e refazer as operações pela ordem inversa, até abrir as torneiras ou encher de água o depósito.

Nos modelos ASC, fechar a válvula de entrada de água da rede ao depósito e abrir uma torneira de água quente até eliminar a pressão no depósito.

- Levantar a tampa de plástico superior e, após desligar os cabos do ânodo, desmontar a tampa-flange, aliviando os parafusos que a fixam ao depósito. Figura 4.
- Desmontar o ânodo a substituir aliviando a porca que o fixa à flange.
- Substituí-lo por um novo, montando todos os componentes por ordem inversa das operações atrás descritas.

Atenção:

Características e prestações susceptíveis de alteração sem aviso prévio.

Marcação CE

Os depósitos AS estão conformes com a Directiva Europeia 97/23/CEE de Equipamentos de pressão.

Baxi Calefacción, S.L.U.

Salvador Espriu, 9 | 08908 L'Hospitalet de Llobregat | Barcelona
T. 93 263 0009 | TF. 93 263 4633 | www.baxi.es

Accesorios para instalaciones solares

Grupos hidráulicos Solar Hydraulic 10 y 20, Solar Hydraulic 10 simple y 20 simple y Solar Hydraulic COMPACT

Para instalaciones de agua caliente con colectores solares.

El Grupo Hidráulico facilita la instalación de paneles solares, comprende todos los elementos necesarios (excepto el depósito de expansión). Sólo es necesario conectar la ida y el retorno a los colectores solares.

Aplicable en instalaciones desde 1 a 10 colectores solares PS 2.0, de 1 a 8 colectores PS 2.4 o de 20 a 80 tubos de vacío AR para el Solar Hydraulic 10 y de 10 a 20 colectores solares PS 2.0, de 8 a 16 colectores PS 2.4 o de 80 a 180 tubos de vacío AR para el Solar Hydraulic 20. Forma un grupo compacto, calorifugado y previsto para aplicar fijado a la pared (incluye los soportes, tacos y tirafondos).

Los grupos hidráulicos Solar Hydraulic 10 simple y Solar Hydraulic 20 simple carecen de ramal de ida.

El grupo Solar Hydraulic COMPACT, dispone de los componentes del Solar Hydraulic 10 con la incorporación de una central de regulación CS 10.



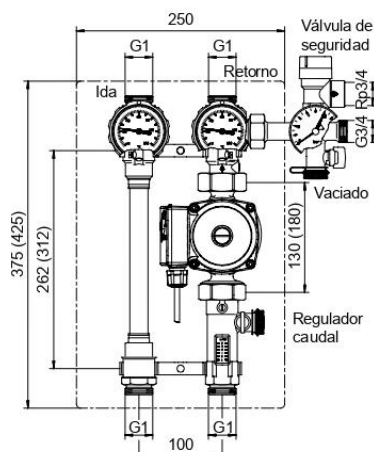
Composición:

En el ramal de IDA

(Solar Hydraulic 10 y Solar Hydraulic 20)

- Tramo tubular de cobre de Ø exterior 22, extremos con enlace de compresión Ø 18 mm (Solar Hydraulic 10) y Ø 22 mm (Solar Hydraulic 20).
- Llave 1/4 vuelta, de esfera.
- Termómetro de 0° a 120 °C.
- Válvula de retención.

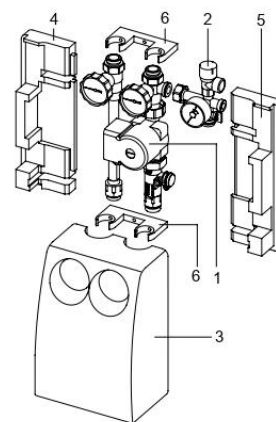
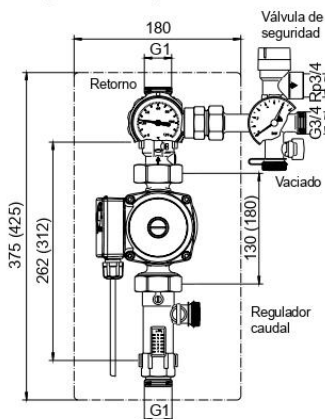
Solar Hydraulic



En el ramal de RETORNO

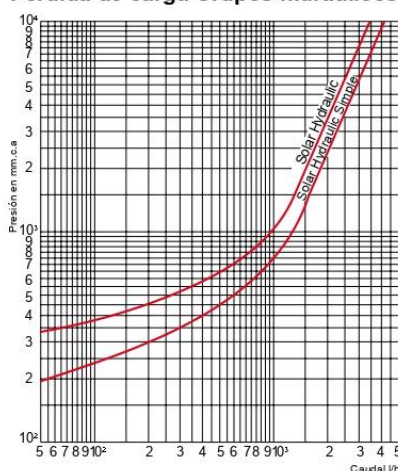
- Válvula retención.
- Llave 1/4 vuelta, de esfera.
- Termómetro de 0° a 120 °C.
- Circulador.
- Regulador de caudal de 2 a 15 litros/minuto para el Solar Hydraulic 10 y de 7 a 30 litros/minuto para el Solar Hydraulic 20.
- Válvula de seguridad de 1/2" a 6 bar.
- Manómetro (con válvula retención) de 0 a 10 bar.
- Llave 1/4 vuelta, de esfera con tapón y cadenita para desagüe.

Solar Hydraulic Simple



1. Circulador
2. Grupo de seguridad
3. Carcasa aislante frontal
4. Carcasa aislante posterior izquierda
5. Carcasa aislante posterior derecha
6. Anclajes de pared

Perdida de carga Grupos hidráulicos



Circulador solar

Motor C.A. 1-230 V, 50 Hz, con condensador incorporado de 2,6 µF para el Solar Hydraulic 10 y de 3,5 µF para el Solar Hydraulic 20.

Velocidad	Potencia Solar Hydraulic 10 (W)	Intensidad Solar Hydraulic 10 (A)	Potencia Solar Hydraulic 20 (W)	Intensidad Solar Hydraulic 20 (A)
Máxima	82	0,36	110	0,47
Media	61	0,30	81	0,35
Económica	43	0,20	59	0,25

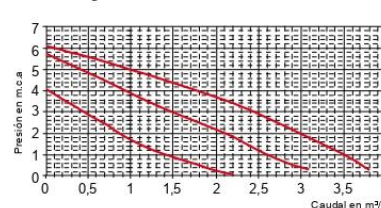
Forma de suministro

En una caja, incluyendo instrucciones de montaje.

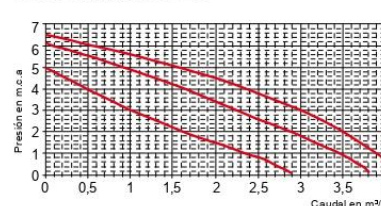
Suministro opcional

Soporte fijación vaso expansión.

Solar Hydraulic 10



Solar Hydraulic 20



Accesorios para instalaciones solares

Circuladores para instalaciones solares térmicas

SXM / DXM

Características principales

La nueva gama de circuladores simples y dobles SXM y DXM es polivalente, adaptándose a múltiples tipologías y tamaños de instalación. Además el ahorro energético y una práctica instalación han sido aspectos prioritarios en su diseño.

Esta gama completa nuestra oferta de circuladores de bajo consumo QUANTUM.

Los circuladores de la serie SXM y DXM se emplean para hacer circular líquidos en:

- Sistemas de calefacción de agua caliente.
- Circuitos de agua de refrigeración.
- Sistemas de energía solar térmica.
- Sistemas industriales de circulación.

Además los modelos DXM, formados por 2 bombas gemelas, permiten disponer de forma compacta de una bomba auxiliar integrada para un funcionamiento en paralelo. Y todo ello con nuestro compromiso en favor del medio ambiente:

Pintura ecológica:

El cuerpo y el motor han sido pintados con pintura hidrosoluble.

Embalaje:

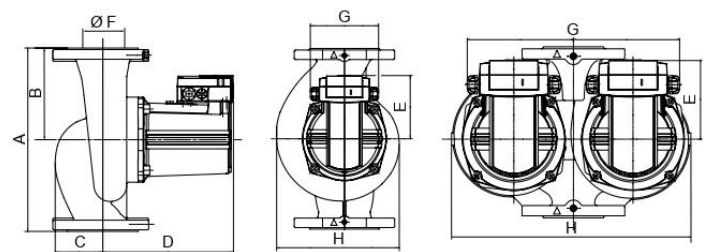
Fabricado a partir de cartón reciclado.

ISO 14001:

El centro productivo de ambos modelos ha obtenido el Certificado Medioambiental ISO 14001.



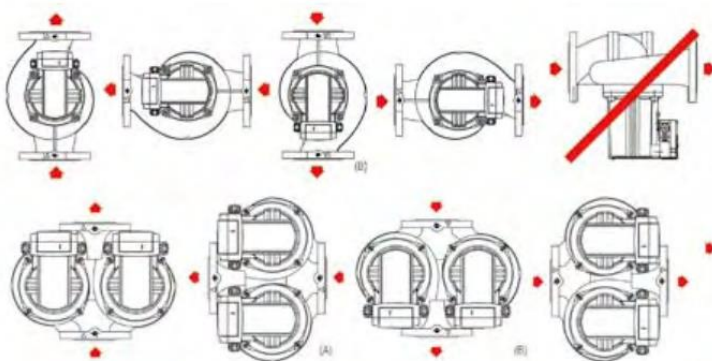
Dimensiones y Características Técnicas



Cotas en mm								
Modelos	A	B	C	D	E	Ø F	G	H
SXM 25	180	90	30	156	90	1 1/2"	104	131
SXM 32	180	90	45	172	108	2"	138	138
DXM 32	220	110	60	172	108	2"	292	287
SXM 40	250	125	59	216	115	DN 40	138	170
DXM 40	250	135	75	216	115	DN 40	312	350

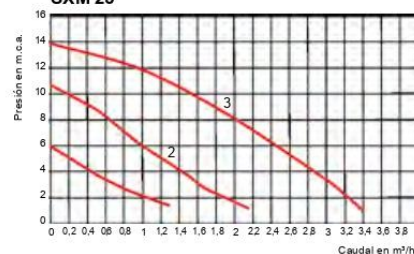
Modelos	Tensión Monofásica	Velocidad r.p.m.	Intensidad nominal A 230V	Potencia absorbida máx. W	Peso kg
SXM 25	220 - 230	1800 - 2380 - 2680	0,65 - 0,96 - 1,24	100	4
SXM / DXM 32	220 - 230	2300 - 2600	1,75 - 2,05	180	7 / 18
SXM / DXM 40	220 - 230	2600 - 2800	3,18 - 3,47	350	16 / 29

Posiciones de montaje

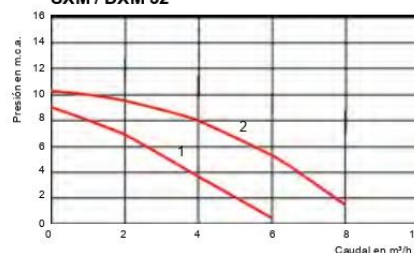


Curvas características gama SXM / DXM

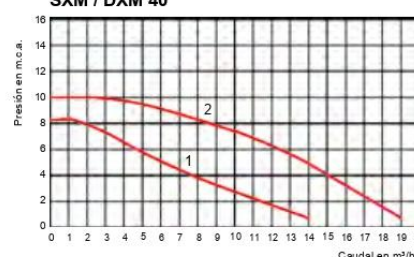
SXM 25



SXM / DXM 32



SXM / DXM 40



Otras características

- Motor autoprotegido contra sobrecargas.
- Funcionamiento ultrasilencioso gracias a un nuevo diseño del cuerpo de hierro fundido.
- Mínimo consumo energético.
- Posibilidad de funcionamiento en paralelo de 2 circuladores, reduciendo los costes de instalación y operación.
- Circuladores para instalaciones de calefacción, refrigeración y energía solar térmica hasta 10 bar y temperatura de -20 °C a 130 °C para circuitos abiertos o cerrados.

Accesorios para instalaciones solares

Intercambiadores de calor de placas desmontables

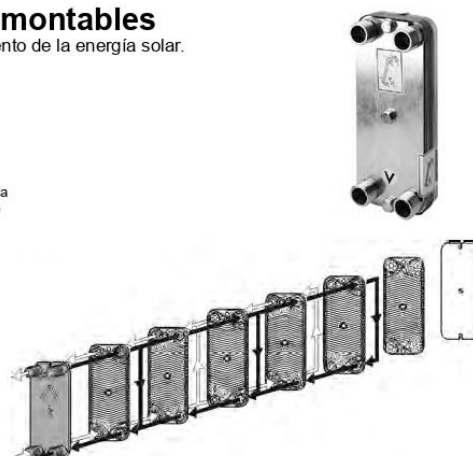
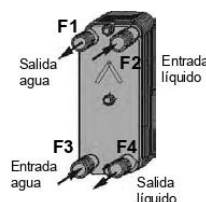
Para instalaciones de calentamiento del agua de piscinas con aprovechamiento de la energía solar.

Presión máxima de trabajo 10 bar.

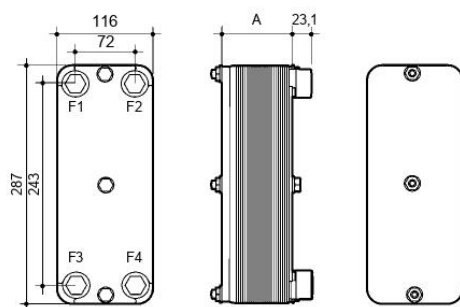
Temperatura máxima de trabajo 100°C.

Características principales

- Placas corrugadas de acero inoxidable, Aisi 316.
- Placas desmontables lo cual facilita la limpieza y la sustitución, siendo ello muy interesante para la eliminación de los sulfatos de cobre, que pueden llevar los aditivos y fungicidas que se utilizan en las piscinas.
- Conexiones hidráulicas:
Entrada F2 del circuito primario a 1"
Salida F4 del circuito primario a 1"
Entrada F3 del circuito secundario a 1"
Salida F1 del circuito secundario a 1"



Características técnicas



Modelo	Número de placas	Peso vacío Kg	Capacidad litros	Longitud A
M 10H	20	8,20	0,420 / 0,378	65,7
M 10H	30	9,30	0,630 / 0,588	88,5
M 10H	40	10,40	0,880 / 0,836	111,0
M 10H	50	11,50	1,100 / 1,060	134,0
M 10H	60	12,60	1,320 / 1,280	157,0

Aplicaciones	Piscinas		ACS
Primario	Agua-Propilen glicol a 35%		
Salto termico	55 °C a 45 °C	55 °C a 48 °C	55 °C a 45 °C
Secundario	Agua		
Salto termico	15 °C a 25 °C	20 °C a 25 °C	15 °C a 45 °C
Perdida de carga	< 3 m.c.a		
Potencia de intercambio:	Kcal/h inicial	Kcal/h mantenimiento	Kcal/h
	26.000	12.000	22.500
	37.000	18.000	35.000
	44.500	24.000	44.500
	53.000	28.500	53.000
	61.000	32.500	60.500

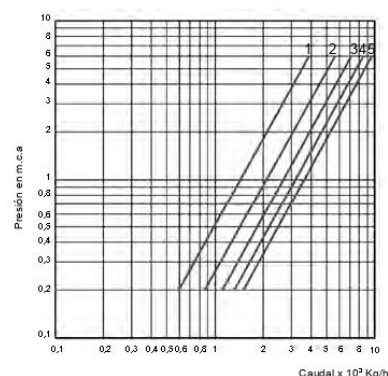
Gama que cubre aproximadamente las necesidades de piscinas cubiertas hasta 400 m² y de piscinas descubiertas hasta 200 m².

Nota: Para la protección de la placa de inoxidable no se debe de superar la concentración de cloruros de 350 mg/l en el agua.

Perdida de carga

Fluido: Agua Temperatura 25 °C

Intercambiador de placas desmontables M10-H



Forma de suministro

En un solo bulto

- 1 = M10-H de 20 placas
- 2 = M10-H de 30 placas
- 3 = M10-H de 40 placas
- 4 = M10-H de 50 placas
- 5 = M10-H de 60 placas

Accesorios para instalaciones solares

Mezclador Termostático MT

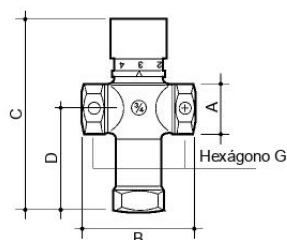
Mezcla agua fría con Agua Caliente Sanitaria, para conseguir la temperatura idónea de uso. Presión máxima de trabajo 10 bar. Temperatura máxima 85 °C.

Características principales

- Cuerpo de latón estampado y cromado.
- Muelle de acero inoxidable.
- Junta tórica de Etileno Propileno.
- Volante de material sintético de alta resistencia.

Forma de suministro

En caja de cartón.



Dimensiones

	Cotas en mm					Kv	
	A	B	C	D	G	Min.	Máx.
3/4"	71	112	53	32	1,65	2	
1"	81	116	55	39	1,75	2,2	



Regulación

Posición	Temperatura
1	42 °C
2	48 °C
3	54 °C
4	60 °C

Depósitos de expansión solar

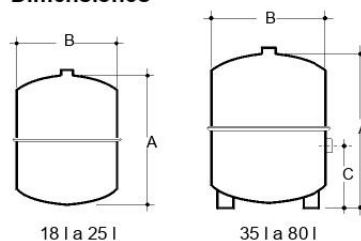


Para instalaciones de agua caliente con colectores solares PS. Presión máxima de trabajo: 8 bar de presión de trabajo y presión de llenado 2,5 bar. Temperatura máxima de trabajo 120 °C (Temp. máx. idónea membrana 70 °C).

Forma de suministro

En un bulto.

Dimensiones



Modelo	Cotas en mm			Ø Orificio Conexión	Peso Kg
	A	B	C		
Vasoflex solar N 18/2,5 l	286	297	-	3/4"	7,5
Vasoflex solar N 25/2,5 l	339	328	-	3/4"	9,6
Vasoflex solar N 35/2,5 l	415	365	94	3/4"	11,8
Vasoflex solar N 50/2,5 l	473	405	110	3/4"	15,1
Vasoflex solar N 80/2,5 l	540	484	142	1"	22,1

Líquido solar FAC-10

Es el fluido portador del calor absorbido en los colectores solares PS. Compuesto por propilenglicol e inhibidores de la corrosión. Para proteger la instalación de heladas hasta -10 °C la proporción en volumen es de 25% de líquido solar y 75% de agua y para heladas hasta -32 °C la proporción es a partes iguales.

Forma de suministro

En un recipiente de 10 litros.

Líquido solar FAC-20 TYFOTOR

Es el fluido portador del calor absorbido en los colectores solares AR. Compuesto por propilenglicol e inhibidores de la corrosión, solución acuosa en la proporción que protege de heladas hasta -28 °C. No se debe mezclar con agua, es de aplicación directa.

Forma de suministro

En un recipiente de 20 litros.

Válvulas de seguridad de 1/2", 3/4" y 1"

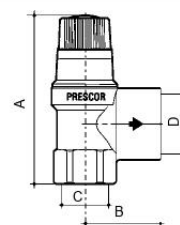
Características principales

- Para instalaciones Solares, Calefacción y Agua Sanitaria.
- Temperatura máxima de trabajo hasta 150 °C.
- En instalaciones solares con una mezcla hasta un 50% de agua-glicol.
- Suministro individual.



Dimensiones y Características Técnicas

Modelo	Presión tarado bar	Potencia máx. instalación kcal/h	Capacidad Superficie colectores en m²
1/2"	6	43.000	50
3/4"	6	86.000	100
1"	6	172.000	200



Model	Tapping			
	Connetion C	Discharge D	Dimensions mm	
1/2"	1/2"	3/4"	73,0	28,5
3/4"	3/4"	1"	94,0	42,5
1"	1"	1 1/4"	98,5	53,0

Válvula de equilibrado VE

Características principales

Válvula de equilibrado de asiento inclinado y con regulación para ajuste y paro del circuito hidráulico. Incluye un indicador de caudal (caudalímetro) con cuadrante rotativo e indicación permanente del caudal actual l/min. Para proteger el indicador contra la suciedad el cuadrante está separado del fluido, es decir, el líquido no pasa por el indicador.



Puede ser utilizada para equilibrar el circuito de calefacción, de climatización, agua industrial, de agua sanitaria, instalaciones solares, termodinámicas y se puede montar en cualquier posición.

Cuerpo en latón. Caudalímetro en plástico alta calidad, resistente al calor. Muelle en acero inoxidable. Juntas en EPDM. Apta para mezcla agua/glicol 50%. Regulación a través de llaves allen Modelo de 4-36 l/min.

Enlace de compresión con adaptadores, que permite utilizar indistintamente tubo de cobre de 15, 18 y 22 mm-Máx. temperatura de trabajo 120 °C

- Min. temperatura de trabajo -20 °C
- Máx. presión de trabajo 10 bar (100 °C) 6 bar (120 °C)
- Precisión de medida +/- 10 %

Accesorios para instalaciones solares

Separador de aire

FLAMCOVENT

Características principales

Separador de aire por absorción.

El separador de aire FLAMCOVENT es la solución definitiva a los problemas de aire en las instalaciones con captadores solares. La eliminación del aire que se produce en los sistemas de captación solar es un problema sobradamente conocido. Aunque los purgadores automáticos cumplen con efectividad su función con las burbujas de gran tamaño que se van acumulando en ellos, son incapaces de eliminar las microburbujas, normalmente invisibles, a simple vista, que se hallan en suspensión en el agua porque carecen de fuerza ascensorial. Estas microburbujas permanecen en el circuito, siendo causa de:

- Ruidos.
- Acumulación en puntos de difícil purga en tuberías y en los colectores solares.
- Dificultad de circulación del agua.
- Disminución del rendimiento de los Circuladores por cavitación.
- Daños en los rodets.
- Disminución del rendimientos del sistema solar y de los intercambiadores de calor.
- Corrosiones.



Modelos de 22 mm Ø

- Presión máxima de trabajo: 10 bar.
- Temperatura máxima: 200 °C
- Máxima eficacia para una velocidad del agua de hasta 0,7 m/s.
- En instalaciones solares con una mezcla hasta un 50% de agua-glicol
- Se suministra en caja individual.

Principio de funcionamiento

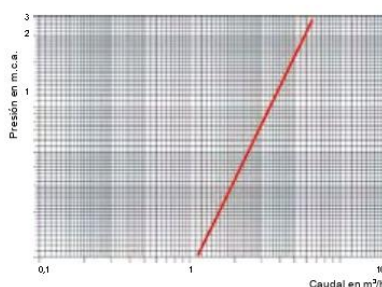
El separador de aire FLAMCOVENT no sólo actúa como purgador automático de gran capacidad sino que elimina también las microburbujas en suspensión en el agua. Su ejecución interna absorbe estas microburbujas agrupándolas y haciendo posible su ascensión a la cámara superior donde son eliminadas quedando el agua insaturada y en disposición de disolver a su vez y arrastrar hacia el FLAMCOVENT nuevo aire contenido en puntos de difícil purga, para ser también eliminado.

Con FLAMCOVENT se puede asegurar una instalación solar totalmente exenta de aire.

Instalación

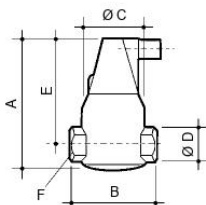
Los separadores de aire FLAMCOVENT ofrecen el mayor rendimiento cuando están situados en el punto de mayor temperatura y menor presión del sistema, condiciones en que el agua tiene su menor capacidad de disolución de aire y en que aparecen las burbujas.

Gráfico de pérdida de carga



Dimensiones

Modelo	Cotas en mm						Peso Kg
	A	B	Ø C	Ø D	E	F	
22 mm	151	116	68	22	121	36	1,4



Válvulas de esfera Serie CUBO

Adecuadas para instalaciones solares

Características principales

- Cuerpo de latón estampado y niquelado mate.
- De paso total.
- Obturador CUBO, de latón, cromado y diamantado.
- Giro de cierre y apertura 90°.
- Conexión hembra-hembra.
- Modelos de 1/4" hasta 4".
- Temperatura de funcionamiento hasta 185 °C.

Forma de suministro

- En caja de cartón

Para resto de dimensiones y características consultar «Válvulas de esfera» en el apartado de Grifería.



Purgador automático FLEXVENT SUPER 1/2"

Características principales

Purgador con flotador y válvula que actúa automáticamente al descender el nivel del agua cuando esta arrastra aire. Cuerpo de latón roscado en dos mitades. En su parte superior se acumula el aire que se ha separado, disponiendo de un orificio de salida. Entre las dos partes está montado el flotador que permite el paso del aire a expulsar. Los orificios de conexión son de rosca hembra a 1/2".

- Presión máxima de trabajo: 10 bar
- Temperatura máxima: 120°C
- En instalaciones solares con una mezcla hasta un 50% de agua-glicol.

Forma de suministro

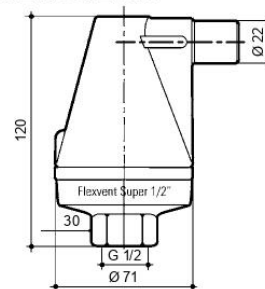
En caja individual

Opcionalmente se puede suministrar una válvula de cierre para poder reparar o cambiar el purgador FLEXVENT SUPER sin vaciar la instalación.

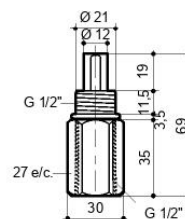


Dimensiones

FLEXVENT SUPER 1/2



Válvula de cierre



Accesorios para instalaciones solares

Maleta de mantenimiento solar

Integra todas las herramientas necesarias para realizar el mantenimiento de las instalaciones solares:

- Refractómetro (comprobación del nivel de protección de la mezcla agua-glicol)
- Comprobador de pH (comprobación del estado del glicol de la instalación)
- Multímetro (comprobación de las conexiones eléctricas)
- Manómetro (comprobación de la presión de nitrógeno del vaso de expansión)
- Brújula (comprobación de la orientación de los colectores solares)



Carro de llenado instalación solar

Incluye bidón de mezcla y bomba de presión hasta una altura de 52 m, para realizar el llenado de las instalaciones de una manera sencilla.

Características principales:

- Bomba robusta, potente y poco ruidosa con interruptor on/off separado.
- Estructura del carro de acero inoxidable, robusta, de gran durabilidad y con protecciones inferiores y superiores para la bomba. Los ejes de las ruedas aguantan sobradamente el peso del carro con el tanque lleno y ofrecen una larga vida útil. El gran diámetro de las ruedas facilita mucho su movilidad, incluso superar escalones.
- Bidón de polietileno de 30 litros con filtro de absorción, válvula antirretorno y grifo de vaciado; atenuación del flujo del líquido extraído.



Tubería flexible acero inoxidable con cable sensor

Características principales:

- Sistema rápido de doble tubería preaislada para instalaciones solares, con tubo ondulado de acero inoxidable.
- Tubo doble fácil de separar para conexión con el colector solar o el acumulador. Radio de flexión de hasta 90°, con suma facilidad.
- Aislante de EPDM con recubrimiento protector negro de poliolefina-polietileno (PE), resistente a los rayos UV.
- Coeficiente de conductividad térmica a +10 °C, $\lambda_{10°C} = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, cumpliendo lo establecido por el RITE.
- Conductos con identificación de entrada/retorno para evitar confusión.
- Cable sensor de silicona.
- Disponible en tubería de DN 16 ó DN 20, en longitudes de 10 ó 15 metros.



CS-10**BAXIROCA****ES****Central digital electrónica de regulación
para instalaciones solares**Instrucciones de Instalación, Montaje y Funcionamiento
para el **INSTALADOR Y USUARIO****PT****Central digital electrónica de regulação
para instalações solares**Instruções de Instalação, Montagem e Funcionamento
para o **INSTALADOR e UTILIZADOR**

ES

1.DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	pag. 3
1.1 Descripción general	
1.2 Forma de suministro	
1.3 Características principales	
1.4 Resistencia óhmica sondas	
2. INSTALACIÓN	pag. 3
2.1 Esquemas de conexión eléctrica	
2.2 Esquemas de instalación	
3. MONTAJE	pag. 8
3.1 Montaje centralita	
3.2 Advertencias de montaje	
4. FUNCIONAMIENTO	pag. 8
4.1 Modo indicación	
4.2 Modo programación básico	
4.3 Modo programación avanzada	
4.4 Puesta en funcionamiento (ejemplo INSTALACIÓN 2)	
5. COMPONENTES OPCIONALES	pag.12
6. ANOMALÍAS	pag.12

1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

1.1 Descripción general

Central para la regulación y control de una instalación de producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) por acumulación mediante colectores solares, garantizando el máximo aprovechamiento de la energía solar recibida. La central permite la regulación de un circuito solar con una o más filas de captadores, un circuito solar con dos acumuladores (con válvula de tres vías o circuladores), un circuito solar con dos acumuladores en cascada y un acumulador solar con estratificación.

Incorpora función antilegionella (mediante caldera de apoyo), así como la posibilidad de conexión a un contador de impulsos para la contabilización de energía o detección de flujo en el circuito de recirculación.

1.2 Forma de suministro

En un solo bulto que contiene:

CS-10
1 x central CS-10
4 x sondas KLF 1000 (PT 1000 de 1k Ω)

1.3 Características principales

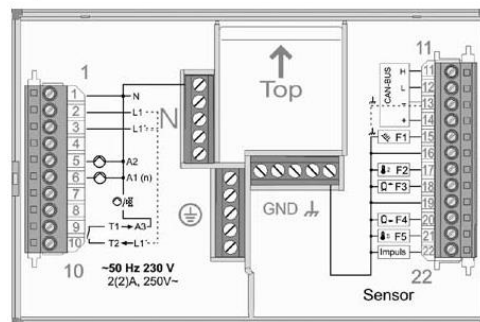
Tensión y frecuencia de alimentación	230V $\pm 10\%$ 50Hz
Consumo máximo	5VA
Temperatura de ambiente admisible en funcionamiento	0°C a 50°C
Temperatura de ambiente admisible en almacenaje	-20°C a 60°C
Poder de ruptura de los relés	250V 2 (2) A
Corriente máx. a través de borne L1'	6,3 A
Tipo de protección	IP 40 según norma DIN EN 60529
Clase de protección	II según norma DIN EN 60730
Reserva de cuerda	> 10 h
Resistencia de las sondas	PT1000 1K Ω $\pm 0,2\%$ a 0°C

1.4 Resistencia óhmica sondas

Temperatura en °C	Resistencia en Ω
-20	922
-10	961
0	1000
10	1039
20	1078
30	1118
40	1155
50	1194
60	1232
70	1270
80	1309
90	1347
100	1385
110	1422
120	1460

2. INSTALACIÓN

2.1 Esquemas de conexión eléctrica



Conectar la fase en 2 y realizar los puentes 2-3 y 3-10 indicados en el esquema. Conectar el neutro en 1 y en la regleta N. Conectar borne 16 ó 19 a la regleta GND.

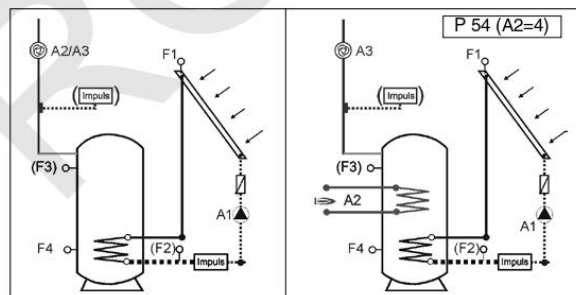
El conexionado eléctrico de sondas y señales se detalla en el apartado 2.2 en función de los distintos circuitos seleccionables.

2.2 Esquemas de instalación

Se detallan a continuación los distintos tipos de instalaciones (circuitos) seleccionables, incluyendo la posición y bornes de conexión de sondas y señales.

△ El número de la instalación debe consignarse en el parámetro 22 (ver apdo. 4.3 Modo programación avanzada)

INSTALACIÓN 1



Control de una instalación para la producción de ACS mediante energía solar con depósito acumulador de un serpentín y apoyo de caldera mixta instantánea o acumulador eléctrico

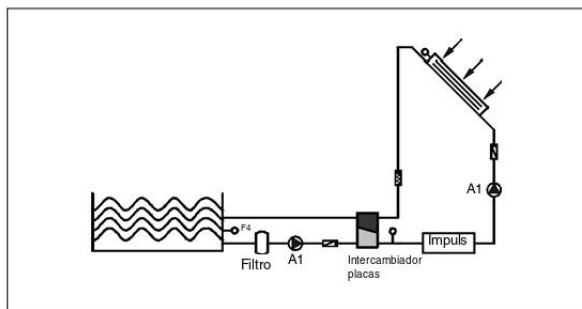
Control de una instalación para la producción de ACS mediante energía solar con depósito acumulador de doble serpentín y apoyo de caldera de gas o gasóleo. En esta instalación el valor del parámetro 54 ha de ser A2=4

SONDAS		
	Bornes	Descripción
F1	15 - GND	Sonda de temperatura de colectores solares.
(F2)	17 - GND	Sonda de temperatura de retorno para determinación de producción de energía
(F3)	18 - GND	Sonda de temperatura de la zona superior del acumulador solar
F4	20 - GND	Sonda de temperatura de la zona solar del acumulador
Impuls	22 - GND	Transmisor de impulsos para medición de caudal circuito solar
(Impuls)	22 - GND	Transmisor de impulsos para detección de flujo en circuito recirculación ACS

Con depósito acumulador de doble serpentín es necesaria la conexión de la sonda F3 para el control de la caldera de apoyo.

RELÉS		
	Bornes	Descripción
A1	6 - N	Circulador del circuito primario solar
A2	5 - N	Sistema apoyo caldera
A3	9 - N	Circulador de recirculación ACS

INSTALACIÓN 1

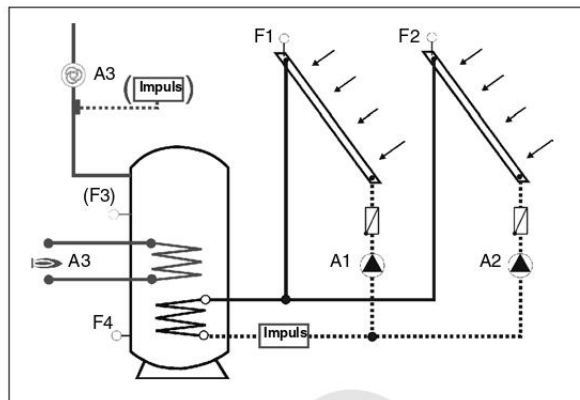


Control de una instalación para calentamiento de piscina mediante energía solar

SONDAS		
	Bornes	Descripción
F1	15 - GND	Sonda de temperatura de colectores solares.
(F2)	17 - GND	Sonda de temperatura de retorno para determinación de producción de energía
F4	20 - GND	Sonda de temperatura de piscina
Impuls	22 - GND	Transmisor de impulsos para medición de caudal circuito solar

RELÉS		
	Bornes	Descripción
A1	6 - N	Circulador del circuito primario solar
A1	6 - N	Circulador del circuito piscina

INSTALACIÓN 2



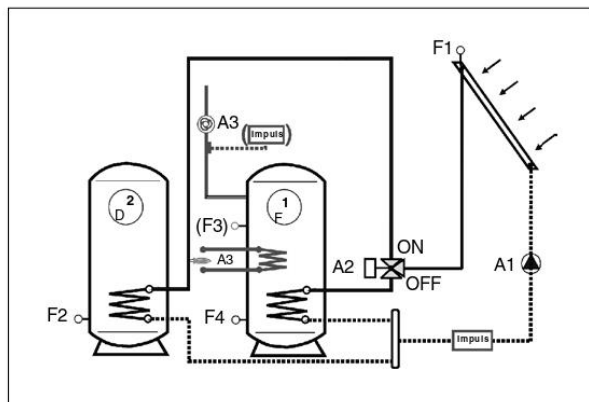
Control de una instalación de producción de ACS con energía solar con 2 zonas de captación (cada una con su propio circulador) y un depósito acumulador de doble serpentín.

() = opcional

SONDAS		
	Bornes	Descripción
F1	15 - GND	Sonda de temperatura de colectores solares zona 1.
F2	17 - GND	Sonda de temperatura de colectores solares zona 2.
(F3)	18 - GND	Sonda de temperatura de la zona caldera del acumulador.
F4	20 - GND	Sonda de temperatura de la zona solar del acumulador.
Impuls	22 - GND	Transmisor de impulsos para medición de caudal circuito solar
(Impuls)	22 - GND	Transmisor de impulsos para detección de flujo en circuito recirculación ACS

RELÉS		
	Bornes	Descripción
A1	6 - N	Circulador del circuito primario solar zona 1
A2	5 - N	Circulador del circuito primario solar zona 2
A3	9 - N	Circulador de recirculación ACS / Sistema apoyo caldera

Es necesaria la conexión de la sonda F3 para el control de la caldera de apoyo.

INSTALACIÓN 3

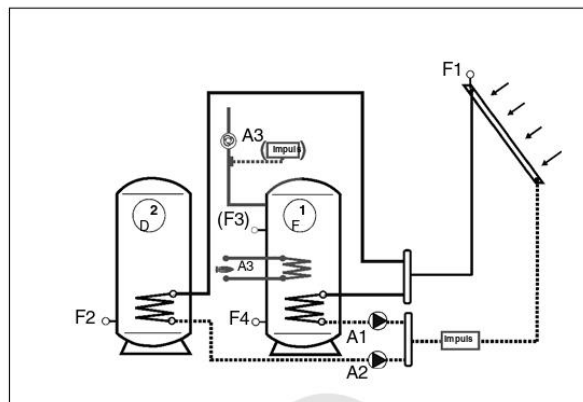
Control de una instalación de producción de ACS (1) y segundo acumulador para calefacción, calentamiento de piscina o ACS adicional (2) mediante energía solar, con distribución a cada depósito a través de una válvula de 3 vías. Se realiza también el control del apoyo de caldera en el depósito acumulador de ACS (1).

() = opcional

SONDAS		
	Bornes	Descripción
F1	15 - GND	Sonda de temperatura de colectores solares.
F2	17 - GND	Sonda de temperatura del acumulador (2).
(F3)	18 - GND	Sonda de temperatura de la zona caldera del acumulador ACS (1).
F4	20 - GND	Sonda de temperatura de la zona solar del acumulador ACS (1).
Impuls	22 - GND	Transmisor de impulsos para medición de caudal circuito solar
(Impuls)	22 - GND	Transmisor de impulsos para detección de flujo en circuito recirculación ACS

RELÉS		
	Bornes	Descripción
A1	6 - N	Circulador del circuito primario solar
A2	5 - N	Válvula de 3 vías
A3	9 - N	Circulador de recirculación ACS / Sistema apoyo caldera

Es necesaria la conexión de la sonda F3 para el control de la caldera de apoyo.

INSTALACIÓN 4

Control de una instalación de producción de ACS (1) y segundo acumulador para calefacción, calentamiento de piscina o ACS adicional (2) mediante energía solar, con distribución a cada depósito a través de dos circuladores. Se realiza también el control del apoyo de caldera en el depósito acumulador de ACS (1).

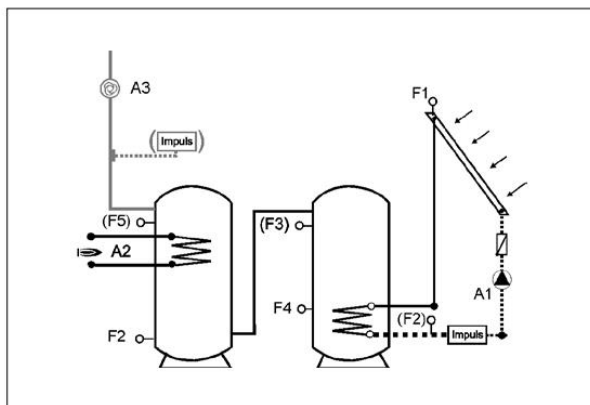
() = opcional

SONDAS		
	Bornes	Descripción
F1	15 - GND	Sonda de temperatura de colectores solares.
F2	17 - GND	Sonda de temperatura del acumulador (2).
(F3)	18 - GND	Sonda de temperatura de la zona caldera del acumulador ACS (1).
F4	20 - GND	Sonda de temperatura de la zona solar del acumulador ACS (1).
Impuls	22 - GND	Transmisor de impulsos para medición de caudal circuito solar
(Impuls)	22 - GND	Transmisor de impulsos para detección de flujo en circuito recirculación ACS

RELÉS		
	Bornes	Descripción
A1	6 - N	Circulador del acumulador de ACS (1)
A2	5 - N	Circulador del acumulador (2)
A3	9 - N	Circulador de recirculación ACS / Sistema apoyo caldera

Es necesaria la conexión de la sonda F3 para el control de la caldera de apoyo.

INSTALACIÓN 5



Control de una instalación de producción de ACS mediante energía solar con depósitos acumuladores independientes para el precalentamiento solar y el apoyo de caldera.

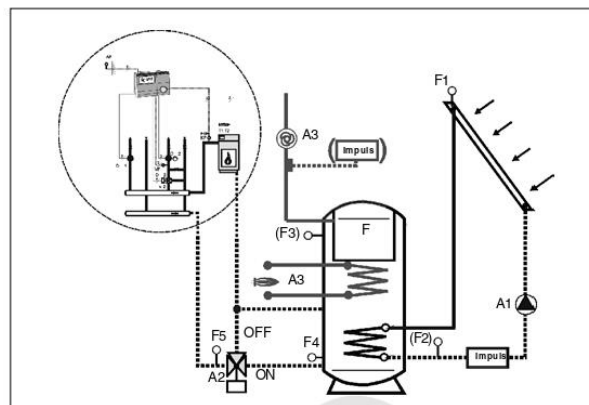
() = opcional

SONDAS		
	Bornes	Descripción
F1	15 - GND	Sonda de temperatura de colectores solares.
F2	17 - GND	Sonda de temperatura de retorno para determinación de producción de energía y zona inferior acumulador de apoyo
(F3)	18 - GND	Sonda de temperatura de la zona superior del acumulador solar
F4	20 - GND	Sonda de temperatura de la zona solar del acumulador
(F5)	21 - GND	Sonda de temperatura zona superior del acumulador de apoyo
Impuls	22 - GND	Transmisor de impulsos para medición de caudal circuito solar
(Impuls)	22 - GND	Transmisor de impulsos para detección de flujo en circuito recirculación ACS

RELÉS		
	Bornes	Descripción
A1	6 - N	Circulador del circuito primario solar
A2	5 - N	Sistema apoyo caldera
A3	9 - N	Circulador de recirculación ACS

Es necesaria la conexión de la sonda F5 para el control de la caldera de apoyo.

INSTALACIÓN 6



Control de una instalación de producción de calefacción y / o ACS mediante energía solar con depósitos acumuladores independientes para el precalentamiento solar y el apoyo de caldera.

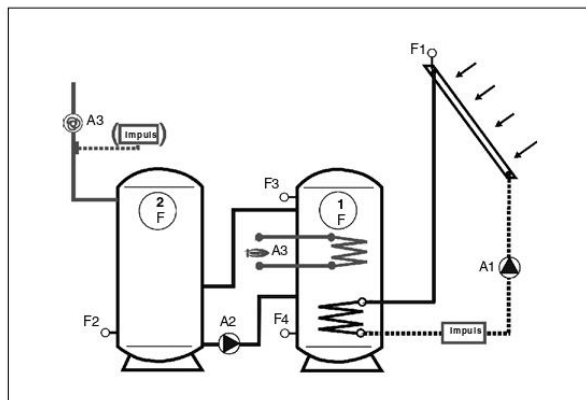
() = opcional

SONDAS		
	Bornes	Descripción
F1	15 - GND	Sonda de temperatura de colectores solares.
(F2)	17 - GND	Sonda de temperatura de retorno para determinación de producción de energía
(F3)	18 - GND	Sonda de temperatura de la zona superior del acumulador.
F4	20 - GND	Sonda de temperatura de la zona solar del acumulador.
F5	21 - GND	Sonda de temperatura de retorno
Impuls	22 - GND	Transmisor de impulsos para medición de caudal circuito solar
(Impuls)	22 - GND	Transmisor de impulsos para detección de flujo en circuito recirculación ACS

RELÉS		
	Bornes	Descripción
A1	6 - N	Circulador del primario solar
A2	5 - N	Válvula de 3 vías
A3	9 - N	Sistema apoyo caldera

Es necesaria la conexión de la sonda F3 para el control de la caldera de apoyo.

INSTALACIÓN 7



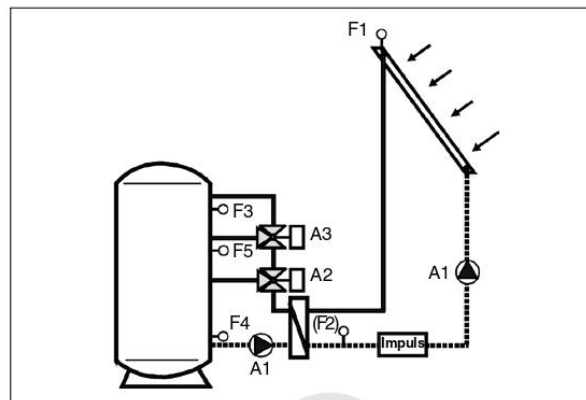
Control de una instalación de producción de ACS mediante energía solar con depósito acumulador de doble serpentín con apoyo de caldera (1) y depósito acumulador de sobreproducción (2).

() = opcional

SONDAS		
	Bornes	Descripción
F1	15 - GND	Sonda de temperatura de colectores solares.
F2	17 - GND	Sonda de temperatura del acumulador de sobreproducción (2).
F3	18 - GND	Sonda de temperatura de la zona caldera del acumulador de doble serpentín.
F4	20 - GND	Sonda de temperatura de la zona solar del acumulador de doble serpentín.
Impuls	22 - GND	Transmisor de impulsos para medición de caudal circuito solar
(Impuls)	22 - GND	Transmisor de impulsos para detección de flujo en circuito recirculación ACS

RELÉS		
	Bornes	Descripción
A1	6 - N	Circulador del primario solar
A2	5 - N	Circulador de recirculación entre depósitos acumuladores.
A3	9 - N	Circulador de recirculación ACS/Sistema apoyo caldera

INSTALACIÓN 8



Control de una instalación de producción de ACS mediante energía solar con intercambiador de placas y depósito acumulador de gran capacidad con estratificación.

() = opcional

SONDAS		
	Bornes	Descripción
F1	15 - GND	Sonda de temperatura de colectores solares.
(F2)	17 - GND	Sonda de temperatura de retorno para determinación de producción de energía
F3	18 - GND	Sonda de temperatura del acumulador zona superior
F4	20 - GND	Sonda de temperatura del acumulador zona interior
F5	21 - GND	Sonda de temperatura del acumulador zona central
Impuls	22 - GND	Transmisor de impulsos para medición de caudal circuito solar

RELÉS		
	Bornes	Descripción
A1	6 - N	Circulador del primario solar y circulador del acumulador
A2	5 - N	Válvula de 3 vías zona inferior
A3	9 - N	Válvula de 3 vías zona superior

3. MONTAJE

3.1 Montaje centralita

Separar el frontal de la base de fijación mural apretando a través del orificio lateral sobre las pestañas que fijan el frontal.

Fijar la base a la pared a través de los orificios colisos incluidos al efecto. Efectuar el conexionado eléctrico según el tipo de instalación seleccionada.

Perforar los pasacables necesarios para la salida de cables eléctricos y sondas.

3.2 Advertencias de montaje

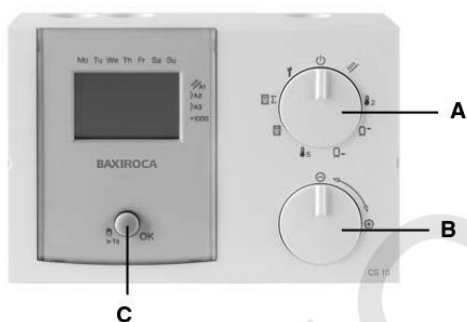
El conexionado a la red, de las sondas y los componentes de la instalación se realiza en la parte posterior de la central, embornándolos a través de los conectores identificados suministrados.

Los cables tipo BUS, de sondas y de alimentación de componentes deben ir separados y ser apantallados para evitar interferencias que puedan causar un funcionamiento anómalo del equipo.

4 FUNCIONAMIENTO

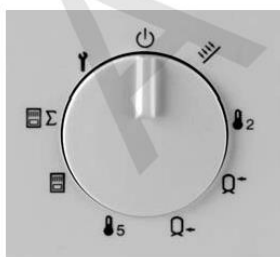
4.1 Modo indicación

Corresponde al modo de funcionamiento básico de la centralita en el cual puede accederse a la visualización (sin modificación) de los distintos parámetros de la instalación.



A.- Selector rotativo

Mediante el selector rotativo se visualiza en el display el estado de algunos elementos de la instalación.



Símbolo	Display	Descripción
	OFF	Sin Función
	F1	Temperatura en los colectores solares.
	F2	Temperatura sonda F2 (según instalación)
	F3	Temperatura de la zona de caldera del depósito acumulador.
	F4	Temperatura de la zona solar del depósito acumulador.
	F5	Temperatura sonda F5 (según instalación)
	C1	Contador de la producción de energía solar diaria (en kW).
	C2	Contador total de la producción de energía solar (en kW).
	01	Indicación parámetro y valor de ajuste

B.- Mando de ajuste

- Selecciona una función
- Selecciona y modifica un valor de ajuste

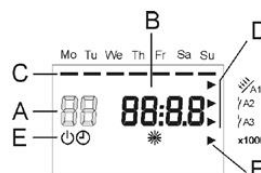
C.- Pulsador OK / Modo manual / RESET

= Modo manual: Si se pulsa la tecla durante más de 1 segundo, se activarán todas las bombas o válvulas durante 30 min. Pulsando de nuevo se pueden desactivar antes de tiempo.

OK: Seleccionar o bien guardar un parámetro

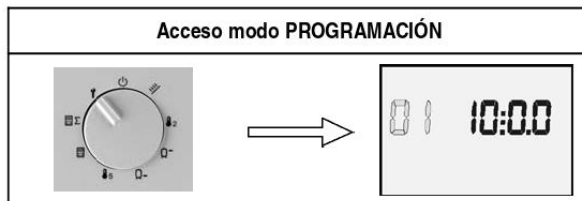
RESET: Si se mantiene el pulsador accionado al aplicar la tensión de funcionamiento, se recuperarán los valores de ajuste configurados en fábrica. Todos los valores configurados por el usuario se perderán.

En el modo indicación, la información visualizada en el display es la siguiente:



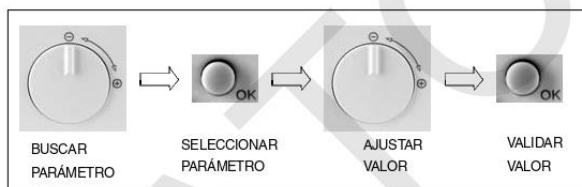
Nombre	Descripción
A	Nombre del valor de la sonda visualizada en el display.
B	Visualización del valor seleccionado.
C	Día de la semana (Lunes a Domingo)
D	Indicador de conexión del circulador (flecha indica si el circulador A1/A2/A3 está ON).
E	Indicador de funcionamiento: : OFF. : ON. : Manual.
F	Si el indicador de producción total C2 sobrepasa los 10 MW aparece la flecha indicando que la producción se expresa en MW.

4.2 Modo programación básico



En el modo programación se accede a la programación de los distintos parámetros ajustables de la instalación. Los parámetros 01 a 11 se sitúan en el nivel de programación básico y no requieren la introducción de código de acceso.

PARÁMETRO	DENOMINACIÓN	RANGO DE AJUSTE	AJUSTE DE FÁBRICA
01	Ajuste hora	0.00 - 24.00	10.00
02	Ajuste día	1 - 7	1 (lunes)
03	Producción de energía diaria	Visualización o reset	0
04	Producción de energía total	Visualización o reset	0
05	Tiempo conexión arranque circulador	00.00 - 24.00	07.00
06	Tiempo desconexión arranque circulador	00.00 - 24.00	22.00
07	Inicio periodo apoyo	00.00 - 24.00	05.00
08	Fin periodo apoyo	00.00 - 24.00	21.00
09	Recirculación ON	00.00 - 24.00	05.00
10	Recirculación OFF	00.00 - 24.00	21.00
11	Tiempo conexión función antilegionela	00.00 - 24.00	01.00



4.2.1 Descripción de los parámetros del modo programación básico

(P)01 - Ajuste hora

Ajuste de la hora actual.

(P)02 - Ajuste día

Ajuste del día de la semana (1...7)

(P)03 - Producción de energía diaria

Presionando **OK** durante 2 s, el valor de producción de energía diaria pasa a 0000.

En funcionamiento normal el valor pasa a 0000 a las 24 h de funcionamiento.

(P)04- Producción de energía total

El valor se actualiza a las 24.00 h. Para determinar el valor real debe añadirse el valor de energía diaria al valor indicado.

Presionando **OK** durante 2 s, el valor de producción de energía total pasa a 0000.

(P)05 – Tiempo conexión arranque circulador

Esta función asegura la medición por parte de la sonda del colector de la temperatura actual del mismo mediante la puesta en marcha del circulador.

Los tiempos de funcionamiento del circulador vendrán definidos según los parámetros (P) 60, 61 y 62.

Puede desactivarse esta función haciendo los (P) 05 y 06 igual a "—" o el (P) 60 igual a 0.

A la hora seleccionada, la centralita inicia el periodo de actuación.

(P)06 – Tiempo desconexión arranque circulador

A la hora indicada cesa el periodo de comprobación de la temperatura del colector.

(P)07 – Inicio periodo apoyo

A partir de la hora seleccionada, si la temperatura del depósito se sitúa por debajo del valor ajustado en el (P)47 (ajuste temperatura de depósito) más (P)33 (histéresis actuación generador) entrará en funcionamiento el sistema de calentamiento de depósito.

El generador de apoyo se desconecta cuando la temperatura del depósito supera el valor ajustado en (P)47.

(P)08 – Fin periodo apoyo

A partir de la hora seleccionada se desactiva el periodo de calentamiento de apoyo de depósito mediante sistema de apoyo.

(P)09 – Recirculación ON

A la hora indicada se activa el periodo de recirculación del circuito de ACS según los ajustes del (P) 54.

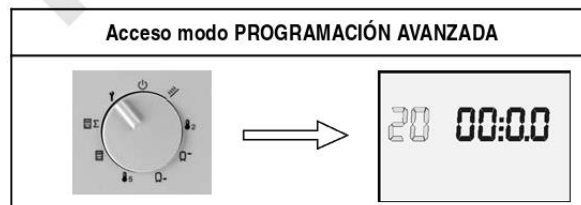
(P)10 – Recirculación OFF

A la hora indicada cesa el periodo de recirculación de ACS

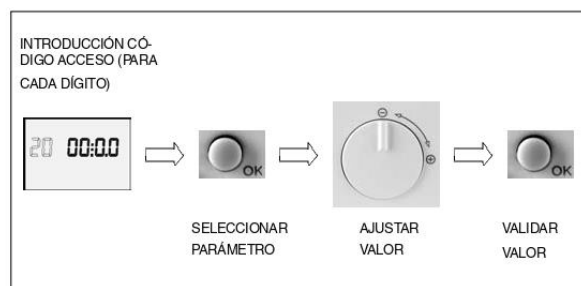
(P)11 - Tiempo de conexión función antilegionela

El sábado, a la hora indicada se activa la función antilegionela en caso que durante la semana no se haya alcanzado en el acumulador la temperatura fijada en el (P)53.

4.3 Modo programación avanzada



Los (P) 20 a 79 se sitúan en el nivel de programación avanzada y requieren la introducción de código de acceso.



PARÁMETRO	DENOMINACIÓN	RANGO DE AJUSTE	AJUSTE DE FÁBRICA
20	Introducción código acceso	0000 - 9999	0000
21	Modificación código acceso	0000 - 9999	0000
22	Selección de la instalación	1 - 08	5
23	Valor velocidad actual circulador A1	Solo visualización en %	
24	Modo ajuste velocidad circulador A1	0 - 1	0
25	Velocidad de consigna circulador A1	30 - 100 %	100 %
26	Velocidad mínima de circulador A1	30 - 100 %	30 %
27	Velocidad máxima de circulador A1	30 - 100 %	100 %
28	Diferencial de temperatura activación A1	10 - 90 K	35 K
30	Diferencial de temperatura depósito 1	1 K - 30 K	7 K
31	Histéresis temperatura depósito 1	1 K - 30 K	2 K
32	Diferencial de temperatura depósito 2	1 K - 30 K	7 K
33	Histéresis temperatura depósito 2	1 K - 30 K	2 K
40	Temperatura activación circulador colector	(-20 °C) - (90 °C)	40 °C
42	Temperatura máxima colector	80° C - 180 °C	130 °C
45	Temperatura de protección colector	80° C - 180 °C	110 °C
46	Temperatura activación enfriamiento depósito	0 K - 30 K	10 K
47	Ajuste temperatura depósito	10 °C - 90 °C	40 °C
50	Temperatura máxima acumulación 1	10 °C - 130 °C	60 °C
51	Temperatura máxima acumulación 2	10 °C - 130 °C	85.0 °C
52	Tolerancia durante producción solar	0 K - 90 K	10 K
53	Función antilegionella	50 °C - 70 °C	--- (OFF)
54	Función recirculación A2 / A3	A2:00-A2:09 A3:00-A3:09	A2:05 A3:02
55	Tiempo conexión A2 / A3	1 min - 10 min	1 min
56	Tiempo bloqueo reconexión A2 / A3	1 min - 20 min	5 min
60	Duración de arranque	0,2 s - 59 s	0 (OFF)
61	Pausa de arranque	10 min - 60 min	30 min
62	Tiempo medición para incrementos de 0,5 K	1 min - 5 min	1 min
63	Protección anticongelación	(-5 °C) - (5 °C)	--- (OFF)
70	Coefficiente de impulsos (ml/pulso) o (l/pulso)	0 - 100	1,1
71	Unidades caudal / impulso	0 , 1	0 (ml /impulso)
72	Distribución caudal para 2 colectores	1:99 - 99:1	50 : 50
75	Caudal fijo colector 1	0 - 100	0.0 (OFF)
76	Caudal fijo colector 2	0 - 100	0.0 (OFF)
78	Porcentaje mezcla	0 - 70 %	40 %
79	Tipo anticongelante	0 - 1	0



4.3.1 Descripción de los parámetros del modo programación avanzada

(P)20 – Introducción código de acceso

Introducción de los cuatro dígitos del código de acceso al área de programación avanzada ((P) 20 a 79)

(P)21 – Modificación código de acceso

Modificación del código de acceso inicialmente ajustado de fábrica.

(P)22 – Selección de la instalación

En este parámetro debe seleccionarse el tipo de instalación según los 8 tipos disponibles en el apartado 2.2 ESQUEMAS DE INSTALACIÓN.

(P)23 – Valor velocidad actual circulador A1

Se visualiza el régimen de velocidad actual del circulador A1 en %

(P)24 – Modo ajuste velocidad circulador A1

Pueden seleccionarse dos modos de ajuste del circulador A1:

- 0 – Modo automático (la velocidad es detectada y ajustada automáticamente)
- 1 – Modo manual (velocidad prefijada según (P) 25)

(P)25 – Velocidad de consigna circulador A1

Válido solo cuando el (P) 24 está ajustado en 1 (modo manual)

La velocidad del circulador A1 quedará fijada en el valor ajustado en este parámetro.

(P)26 – Velocidad mínima circulador A1

Válido solo cuando el (P) 24 está ajustado en 0 (modo automático)

Se selecciona la velocidad mínima del circulador A1 teniendo en cuenta que este pueda funcionar de forma segura a la velocidad seleccionada.

(P)27 – Velocidad máxima circulador A1

Válido solo cuando el (P) 24 está ajustado en 0 (modo automático)

Se selecciona la velocidad máxima del circulador A1 en modo automático.

(P)28 – Diferencial de temperatura activación A1

Válido solo cuando el (P) 24 está ajustado en 0 (modo automático)

Cuando la diferencia de temperatura entre el colector 1 y el depósito sea igual o superior a la seleccionada, el circulador A1 operará al 100% de velocidad. Si esta diferencia es menor, el circulador trabajará a una velocidad más reducida.

(P)30 – Diferencial de temperatura conexión depósito 1

Cuando la diferencia de temperatura entre los sensores F1 y F4 excede el valor ajustado, se activa la alimentación del depósito mediante el circulador A1.

(P)31 – Diferencial de temperatura desconexión depósito 1

El circulador A1 cesa el funcionamiento cuando la diferencia de temperatura F1-F4 es menor que el valor indicado.

El circulador A1 se activará cuando la diferencia de temperatura F1-F4 supere el valor ajustado en el (P) 30

(P)32 – Diferencial de temperatura conexión depósito 2

NO APLICABLE A CIRCUITOS HIDRÁULICOS 1 Y 5

Cuando la diferencia de temperatura entre los sensores indicados excede el valor ajustado, se activa la alimentación del depósito mediante el circulador o válvula indicados a continuación.

CIRCUITO HIDRÁULICO 2

Activación del circulador A2 por diferencia entre los sensores F2 y F4

CIRCUITO HIDRÁULICO 3

Activación del circulador A1 por diferencia entre los sensores F1 y F2. La válvula A2 se abre hacia el depósito 2.

CIRCUITO HIDRÁULICO 4

Activación del circulador A2 por diferencia entre los sensores F1 y F2.

CIRCUITO HIDRÁULICO 6

Activación de la válvula A2 por diferencia entre los sensores F4 y F5.

CIRCUITO HIDRÁULICO 7

Activación del circulador A2 por diferencia entre los sensores F3 y F2.

CIRCUITO HIDRÁULICO 8

Activación de la válvula A2 por diferencia entre los sensores F1 y F5 y de la válvula A3 por diferencia entre los sensores F1 y F3.

(P)33 – Diferencial de temperatura desconexión depósito 2

Cuando la diferencia de temperatura entre los sensores indicados en el (P) 32 es menor del valor ajustado, se desactiva la alimentación del depósito mediante el circulador o válvula correspondiente.

(P)40 – Temperatura activación circulador colector

El circulador del colector entra en funcionamiento cuando la temperatura en el mismo supera el valor ajustado.

(P)42 – Temperatura máxima colector

Por seguridad el circulador se desactiva para temperaturas superiores al límite ajustado en este parámetro.

El circulador vuelve a activarse cuando la temperatura se sitúa 10 K por debajo de este límite.

(P)45 – Temperatura protección colector

Este parámetro protege el colector frente posibles sobretensiones y se activa cuando el ajuste del (P) 42 (temperatura máxima colector) es superior al ajuste del (P) 45.

Si la temperatura de los sensores F1 o F2 superan el límite fijado y la temperatura del depósito es inferior a 92°C, entonces el depósito se calienta hasta su temperatura máxima (95°C) para enfriar el colector. Esta función se interrumpe cuando se supera la temperatura máxima del colector fijada en el (P) 42 y se reactiva cuando esta se sitúa 10 K por debajo de lo fijado en este parámetro.

(P)46 – Temperatura activación enfriamiento depósito

Si la función de protección del depósito se ha activado durante el día, haciendo superar los límites de temperatura de depósito fijados en los (P) 50 ó 51, entonces el depósito puede ser enfriado automáticamente durante la noche entre las 1.00 y las 6.00 h hasta la temperatura máxima fijada en los (P) 50, 51.

El enfriamiento tendrá lugar solo cuando la temperatura del depósito supere en la temperatura del colector en el valor fijado en este parámetro +3 K (histéresis)

El ajuste 0 supone la desactivación de esta función.

(P)47 – Ajuste temperatura depósito**CIRCUITO HIDRÁULICO 5**

El generador A2 se activa cuando la temperatura del sensor F5 se sitúa 5 K por debajo del valor ajustado y se desactiva cuando la temperatura alcanza el valor de temperatura fijado.

RESTO DE CIRCUITOS

El generador A3 se activa cuando la temperatura del sensor F3 se sitúa 5 K + el valor del (P) 52 (tolerancia) por debajo del valor ajustado y se desactiva cuando la temperatura alcanza el valor de temperatura fijado.

(P)50 – Temperatura máxima acumulación 1

El circulador correspondiente cesa el funcionamiento o la válvula de 3 vías abre hacia el segundo depósito, cuando la temperatura del depósito 1 supera el límite fijado.

Los componentes quedan reactivados cuando la temperatura del depósito 1 se sitúa 5 K por debajo de este valor.

(P)51 – Temperatura máxima acumulación 2

El circulador correspondiente cesa el funcionamiento cuando la temperatura del depósito 2 supera el límite fijado.

Los componentes quedan reactivados cuando la temperatura del depósito 2 se sitúa 5 K por debajo de este valor.

(P)52 – Tolerancia durante producción solar

Este parámetro solo será activo si el (P) 54 (recirculación A3) está fijado en el valor 3.

El generador se activa si la temperatura del depósito se sitúa por debajo del valor ajustado en el (P) 47 -(la tolerancia ajustada en este parámetro + 5 K).

El generador se desactiva cuando la temperatura del depósito alcanza el valor ajustado en el (P) 47 – la tolerancia ajustada en este parámetro.

(P)53 – Función antilegionela

Si la temperatura del depósito no ha alcanzado el valor fijado durante la última semana, el sistema activará el Sábado a la hora consignada en el (P)11 el calentamiento del depósito a través de un generador de calor externo hasta alcanzar esta temperatura en el sensor F4.

La función se desactivará si la temperatura no puede ser alcanzada en 3 horas o si se alcanza la temperatura máxima de depósito en F3.

(P)54 – Función recirculación A2 / A3

0 = OFF

1 = Circulador de recirculación A3 funciona de forma continua dentro de los tiempos consignados en los (P) 9 y 10.

2 = Circulador de recirculación A3 actúa dentro de los tiempos consignados en los (P) 9 y 10, pero solo por detección de impulsos.

3 = Circulador de circulación antilegionela. Actúa cuando se activa la función antilegionela.

4 = Función de apoyo a depósito acumulador 1. Sonda de referencia F3.

5 = Función de apoyo a depósito acumulador 2. Sonda de referencia F5.

La función de apoyo a depósito mediante A2/A3 estará activa solo dentro del tiempo consignado en los (P) 7 y 8. Si durante este periodo, la temperatura del depósito cae 5 K por debajo del valor consignado en el (P) 47 (para el caso de producción solar, en 5 K + (P) 52), la salida seleccionada conmuta a la función apoyo hasta que se alcance la temperatura nominal.

8 = Función de control del Unitermo. Esta función protege el colector solar contra sobretensiones y estancamiento. El relé A2/A3 se activará tan pronto como la temperatura de los colectores supere el límite fijado en (P)45. El relé A2/A3 se desconectará si la temperatura desciende 2 K (histéresis). Para la instalación 2, actúa sobre el campo de colectores con sonda de referencia F1.

9(SOLO APLICABLE A LA INSTALACIÓN 2) = Función de control del Unitermo para campo de colectores con sonda de referencia F2.

(P)55 – Tiempo conexión A2 / A3

Ajuste del tiempo de conexión del circulador de recirculación tras la detección de un impulso.

(P)56 – Tiempo bloqueo reconexión A2 / A3

Si se conecta el circulador de recirculación, este solo entrará en funcionamiento de nuevo una vez transcurrido el tiempo consignado en este parámetro.

(P)60 – Duración arranque

Corresponde al tiempo de funcionamiento del circulador del circuito solar en un arranque del mismo.

(P)61 – Pausa de arranque

Si el circulador del circuito solar no ha funcionado durante el tiempo consignado en este parámetro, este entra en funcionamiento durante el tiempo consignado en el (P) 60.

(P)62 – Tiempo medición para incrementos de 0.5 K

En el tiempo ajustado en este parámetro se verifica la evolución de la temperatura del colector después de un arranque del circulador.

Si se produce un incremento de temperatura de 0,5 K, el circulador arranca de nuevo.

(P)63 - Protección anticongelación

Si la temperatura de los colectores desciende por debajo del valor fijado, se activa el circulador del colector. El circulador se desconectará cuando la temperatura de los colectores haya aumentado 2 K (histéresis).

(P)70 – Coeficiente de impulsos

SOLO APLICABLE CUANDO EL CIRCUITO SOLAR DISPONGA DE TRANSMISOR DE IMPULSOS.

Ajustar el valor del coeficiente de impulso del caudalímetro conectado según la información del fabricante.

(P)71 – Unidades caudal/impulso

SOLO APLICABLE CUANDO EL CIRCUITO SOLAR DISPONGA DE TRANSMISOR DE IMPULSOS.

0 = ml/impulso

1 = l/impulso

(P)72 – Distribución caudal para 2 colectores

SOLO APLICABLE A LA INSTALACIÓN 2.

Debe introducirse la relación de caudales de los dos circuitos de colectores para el caso de funcionamiento simultáneo de los circuladores de ambos circuitos.

(P)75 – Caudal fijo colector 1

SOLO APLICABLE CUANDO EL CIRCUITO SOLAR NO DISPONGA DE TRANSMISOR DE IMPULSOS.

Debe introducirse el valor de caudal del circuito 1 de colectores en l/min, de cara a que la centralita pueda contabilizar la producción de energía de la instalación.

(P)76– Caudal fijo colector 2

SOLO APLICABLE A LA INSTALACIÓN 2.

SOLO APLICABLE CUANDO EL CIRCUITO SOLAR NO DISPONGA DE TRANSMISOR DE IMPULSOS.

Debe introducirse el valor de caudal del circuito 2 de colectores en l/min, de cara a que la centralita pueda contabilizar la producción de energía de la instalación.

(P)78 – Porcentaje mezcla

En este parámetro se ajusta el porcentaje de mezcla anticongelante / agua del líquido utilizado en el circuito solar.

(P)79 – Tipo anticongelante

En este parámetro puede seleccionarse el tipo de anticongelante utilizado en el circuito solar según:

0 = Propilen glicol

1 = Etilen glicol

4.4 Puesta en funcionamiento (ejemplo INSTALACIÓN 2)

Se describe a continuación la puesta en funcionamiento a nivel básico aplicado a la INSTALACIÓN 2.

1. Situar las sondas según se indica en el esquema de INSTALACIÓN 2. Son opcionales las sondas F2 (medición de temperatura de retorno si se desea determinar la producción de energía) y F3 (sonda de temperatura de la zona caldera del acumulador)
2. Conectar las señales según se indica en el esquema. Son opcionales la conexión de A3 (circulador de recirculación ACS) y del transmisor de impulsos (si se desea determinar la producción de energía o hacer funcionar el circulador de recirculación ACS en base a detección de flujo)
3. Acceder al (P)01 y ajustar la hora.
4. Acceder al (P)02 y ajustar el día.
5. Acceder al (P)20 e introducir el código de acceso (ajuste de fábrica 0000)
6. Acceder al (P)22 y consignar el número de instalación 2.
7. Si la instalación incorpora circulador de recirculación ACS (A3), revisar el ajuste del (P)54 (ajuste de fábrica en el valor 2, correspondiente a función recirculación activada dentro del tiempo consignado en (P)07 y 08, pero solo por detección de impulsos)
8. Si la instalación no incluye un transmisor de impulsos en el circuito solar y se desea determinar la producción de energía, ajustar los (P)72, 75 y 76 relativos a los caudales circulantes por el circuito de captadores.
9. Si la instalación incluye transmisor de impulsos (en circuito solar o recirculación ACS), ajustar los (P)70 y 71 según la información facilitada por el fabricante del transmisor.
10. Salir del modo programación y seleccionar el modo de funcionamiento deseado. La centralita efectuará la regulación del sistema según los parámetros ajustados.

5 COMPONENTES OPCIONALES

Características del transmisor de impulsos para contabilización de energía:

- Salida electrónica: contactos dorados o «colector abierto»
- Entrada CS10: tensión 0/5 V, frecuencia máx. 200 Hz (1 impulso/ 100 ml.)
- Resistencia interna 10 K Ω

6 ANOMALÍAS

En caso de anomalía la pantalla muestra parpadeante el código de anomalía correspondiente según la siguiente tabla.

Código	Elemento	Anomalía
E 71	F1	Sonda defectuosa o mal conectada.
E 72	F3	Sonda defectuosa o mal conectada.
E 73	F4	Sonda defectuosa o mal conectada.
E 79	F2	Sonda defectuosa o mal conectada.
E 81	CS-10	Error en los valores programados de funcionamiento.
E 128	F5	Sonda defectuosa o mal conectada

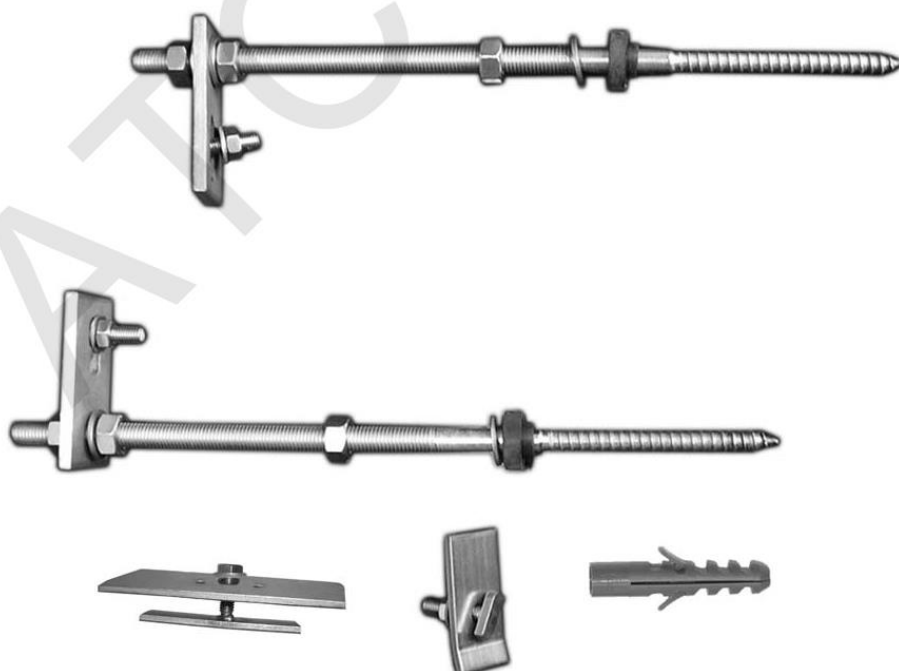
Una vez corregida la anomalía de funcionamiento es necesario desconectar y volver a conectar la tensión de red en la centralita.

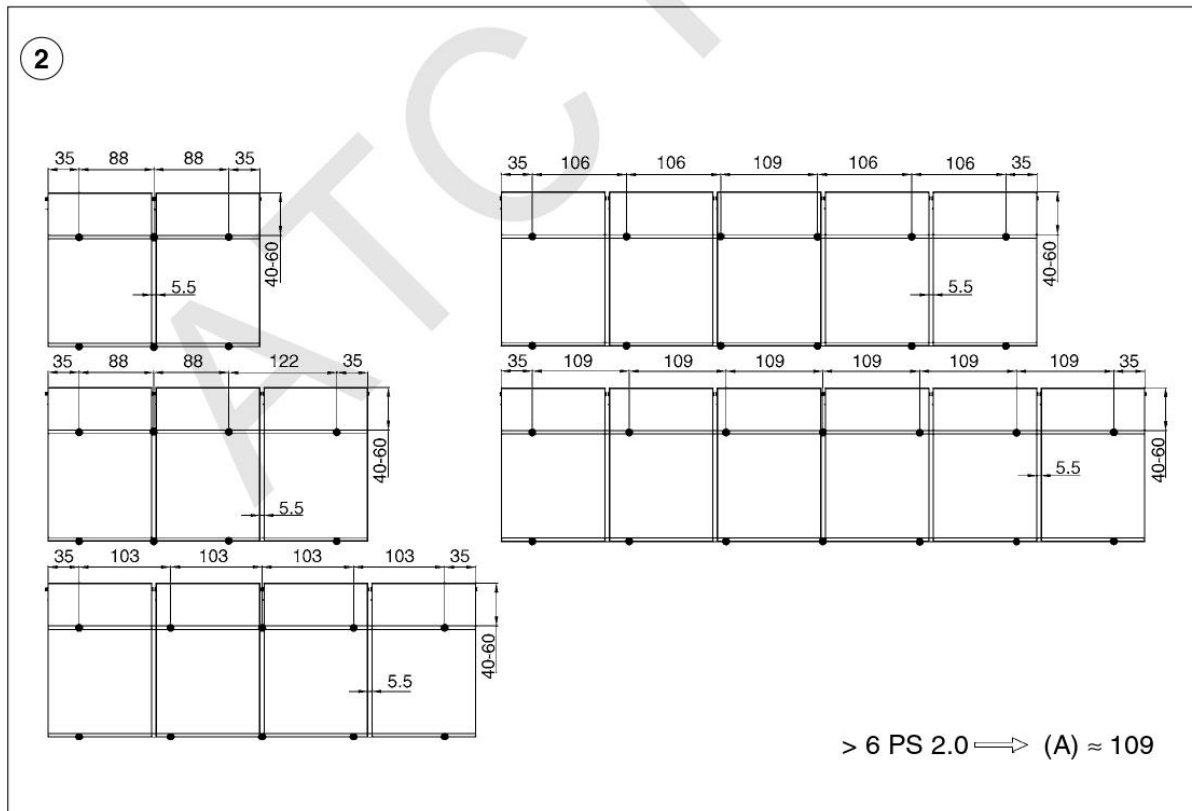
Atención:

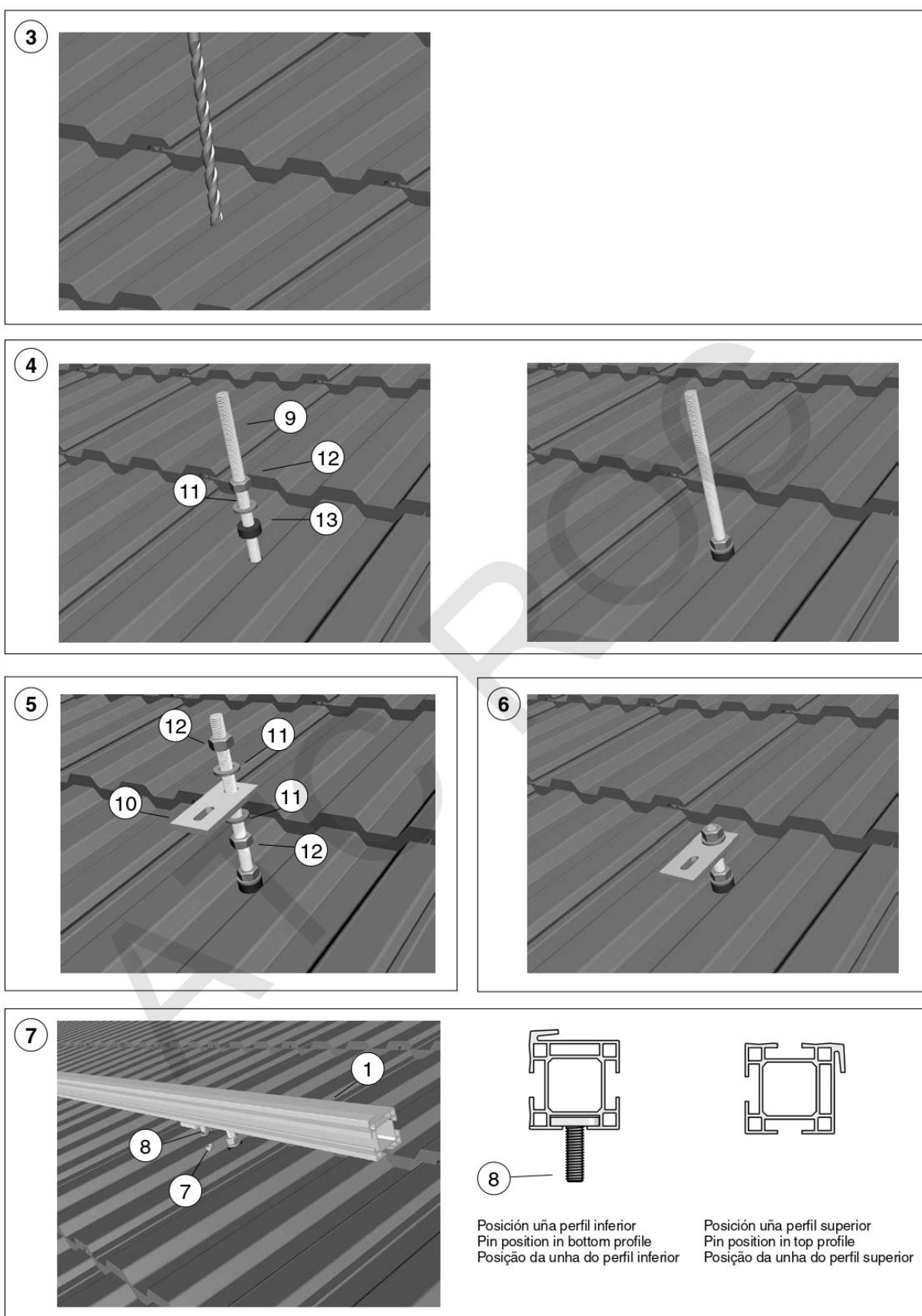
Características y prestaciones susceptibles de variación sin previo aviso.

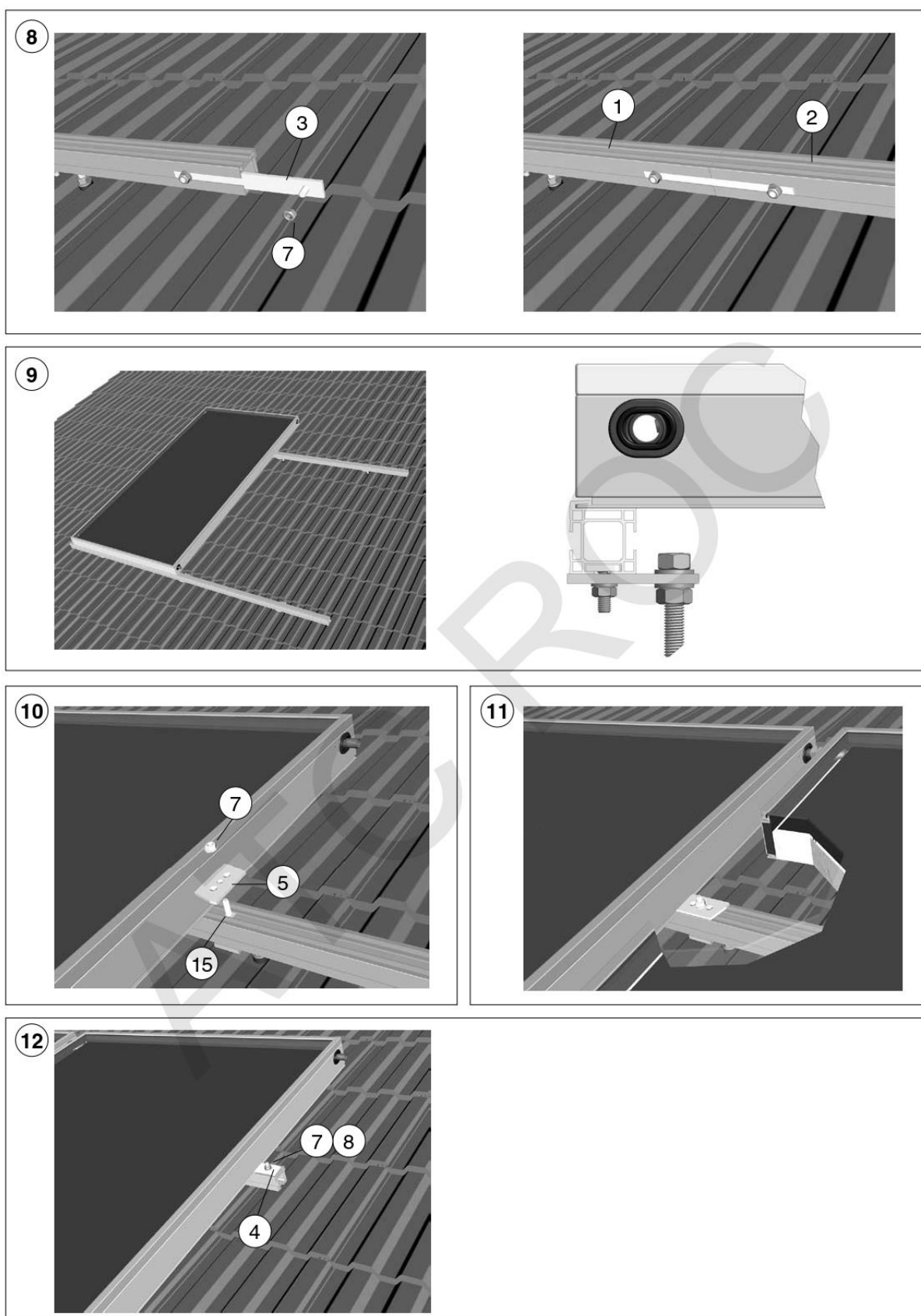
Marcado CE

La central CS-10 es conforme a las Directivas Europeas 89/336/CEE de Compatibilidad Electromagnética y 73/23/CEE de Baja Tensión.

ST-PS 2.0**BAXIROCA****ES****Soportes para tejado
para captadores PS 2.0**Instrucciones de Instalación y Montaje
para el **INSTALADOR****PT****Suportes para telhado
para captadores PS 2.0**Instruções de Instalação e Montagem
para o **INSTALADOR****GB****Roof Supports for PS 2.0 Panels**Installation and Assembly Instructions
for the **INSTALLER**







ES

Los conjuntos soportes ST1 PS 2.0 y ST2 PS 2.0 incorporan todos los elementos necesarios para la instalación de los captadores solares PS 2.0 y NEOS en tejado.

El conjunto ST2 PS 2.0 permite el montaje de dos captadores PS 2.0 y NEOS; con el suplemento ST1 PS 2.0 es posible el montaje de un captador adicional.

La combinación de ambos conjuntos soportes permite configurar cualquier número de captadores en una fila.

Forma de suministro

En un solo bulto incluyendo perfiles y tornillería según la composición siguiente (Fig. 1):

Pos.	Componente	Cantidad para		
		ST2-PS2.0	ST1-PS2.0	ST1-I-PS2.0
1	Perfil aluminio 40 x40; 3 ranuras y uña; 2452 mm	2	-	-
2	Perfil aluminio 40 x40; 3 ranuras y uña; 1224 mm	-	2	2
3	Pletina inserto largueros; 22 x 4 x 200 mm	-	2	-
4	Pletina extremo largueros; 30 x 60 x 4 mm	2	-	2
5	Pletina intermedia captadores; 40 x 126 x 4 mm	2	-	-
7	Tuerca exagonal M 8 DIN 6923	10	6	6
8	Tornillo cabeza martillo M 8 x 25 mm	8	2	6
9	Tirafondo 350 mm (M12 x 200 mm)	6	2	4
10	Pletina soporte largueros 40 x 80 x 6 mm	6	2	4
11	Arandela plana 13 x 23,5 x 2,5 mm	18	6	12
12	Tuerca exagonal M 12	18	6	12
13	Junta de estanqueidad (diámetro 8/25) x 14 mm	6	2	4
14	Taco fijación Sx14 Ø 12-14	6	2	4
15	Pletina 22x80x4 mm con esparrago M8x25	2	-	-

Instalación

Emplazar los soportes con orientación al Sur geográfico teniendo en cuenta las desviaciones máximas permitidas según la reglamentación vigente.

Montaje

1. Taladrar verticalmente el material del tejado (si es teja cóncava por la cumbre) según la distribución indicada en la Fig. 2 en función del número de captadores que componen la fila.
Utilizar preferentemente broca Ø 8 y taladrar hasta marcar el material de apoyo (hormigón, madera, etc.) Fig. 3
2. Retirar las tejas, etc. con el orificio practicado y, en cada marca dejada en el material de apoyo, practicar un orificio de Ø 14 con la profundidad adecuada en función de la altura de la teja
3. Agrandar el orificio de Ø 8 a Ø 14 y reponer la teja, etc. en su lugar de origen.
4. Introducir en el orificio de la teja el taco de fijación (14) haciéndolo entrar en el orificio practicado en el material de apoyo.
5. Deslizar por cada tirafondo (9) la junta de estanqueidad (13) la arandela Ø13 (11) y roscar una tuerca M12 (12) Fig. 4
6. Introducir el tirafondo(9) en el taco (14) y roscarlo en el mismo.
7. Deslizar la arandela (11) hasta la junta de estanqueidad (13) y roscar a tope la tuerca (12) hasta que la junta haga estanqueidad con la superficie de apoyo. Fig. 4

8. Roscar otra tuerca M12 (12) en el tirafondo, insertar a continuación una arandela Ø13 (11) y la pletina soporte (10); fijarla mediante una tercera tuerca y arandela (11) (12) Fig.5 y 6
9. Montar el resto de conjuntos de anclaje según la secuencia de montaje descrita anteriormente.
10. Fijar los dos perfiles longitud 2452 (1) a las pletinas soporte mediante un conjunto de tornillo cabeza de martillo (8) y tuerca M8 (7). La cabeza del tornillo debe introducirse por la ranura inferior del perfil. Fig. 7



La uña de los perfiles debe quedar posicionada según se refleja en la Fig. 7 de cara a permitir el anclaje del colector.

11. Para el montaje del suplemento soporte para un colector adicional, fijar los dos perfiles longitud 1224 (2) a las pletinas soporte según el proceso indicado y unir los perfiles (1) y (2) utilizando las dos pletinas (3) fijadas mediante tuercas M8 (7). Fig. 8
12. Montar el resto de perfiles soporte que componen la fila de colectores según el proceso indicado.
13. Desembalar el colector y verificar que esté en perfecto estado y no ha sufrido daño en el transporte o manipulación previa.
14. Emplazar el captador apoyándolo en el larguero inferior (1) ó (2) de forma que la lengüeta de la caja del mismo se introduzca dentro de la ranura en forma de uña. Fig. 9
15. Situar la pletina con esparrago (15) en el travesaño superior (1) ó (2). Introducir la pletina (5) en la ranura de la caja del captador y fijarla sin apretar totalmente al esparrago mediante tuerca M8 (7) Fig.10
16. Posicionar el segundo colector y efectuar la conexión hidráulica según se refleja en las instrucciones del juego de acoplamiento ICS -PS 2.0.
17. Posicionar la pletina (5) de forma que se introduzca en la ranura de la caja de los dos captadores consecutivos y apretar la tuerca (7) Fig.11
18. Montar el resto de colectores de la fila según el procedimiento descrito.
19. Situar un tornillo cabeza de martillo (8) en el extremo del travesaño superior (1) ó (2) introduciendo la cabeza del mismo en la ranura superior. Introducir la pletina (4) en la ranura de la caja del captador y fijarla al tornillo mediante tuerca M8(7) Realizar la misma operación en el extremo opuesto de la fila de colectores. Fig. 12
20. Efectuar la conexión hidráulica de la fila de captadores a la instalación según se refleja en las instrucciones del juego de acoplamiento CH-PS 2.0.

Atención:

Características y prestaciones susceptibles de variación sin previo aviso.

ANEJO C: NORMATIVA UTILIZADA

Para la realización de este proyecto, se emplearán documentos de normativa como:

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio; por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE).
- Organismos de Control Autorizados (OCA) y Entidades de Inspección y Control Industrial (EICI) autorizados para actuar en la Comunidad de Cantabria. Se incluye el listado de OCA y EICI para instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria.
- Orden ITC/71/2007, de 22 de enero, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para homologación de paneles solares.
- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- Normativa técnica de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria. Publicada en la red por Cype Ingenieros.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Real Decreto 1218/2002, de 22 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1751/1988, de 31 de Julio, por el que se aprobó el RITE y sus ITE y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los edificios.
- Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo de 1999, el cual dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a los equipos de presión.

- Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, que aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC).
- Real Decreto Legislativo 1175/1990, de 28 de septiembre, por el que se aprueban las tarifas e instrucción del impuesto sobre actividades económicas.
- Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril de 1979, por el que se aprueba el Reglamento de aparatos a presión.
- Real Decreto 865/2003 por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- NORMA UNE-100.030:2005 IN, guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de la legionela en instalaciones.
- NORMA UNE-112076:2004 IN, guía para la prevención de la corrosión en circuitos de agua.

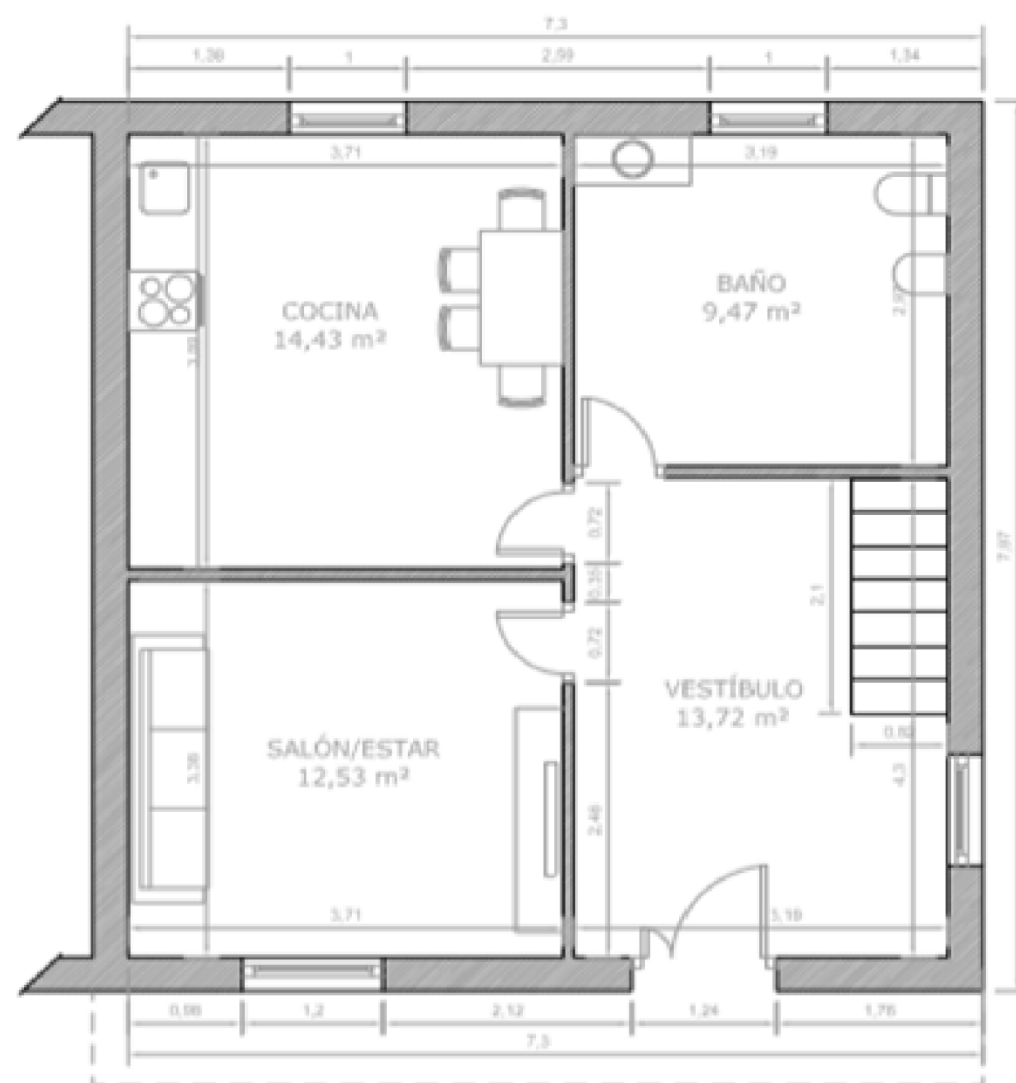
2. PLANOS

Llegado a este punto, se adjuntan debajo los distintos planos disponibles y relevantes en cuanto a aspectos como:

- Situación y emplazamiento
- Definición arquitectónica
- Diseño de suelo radiante
- Esquema de instalación



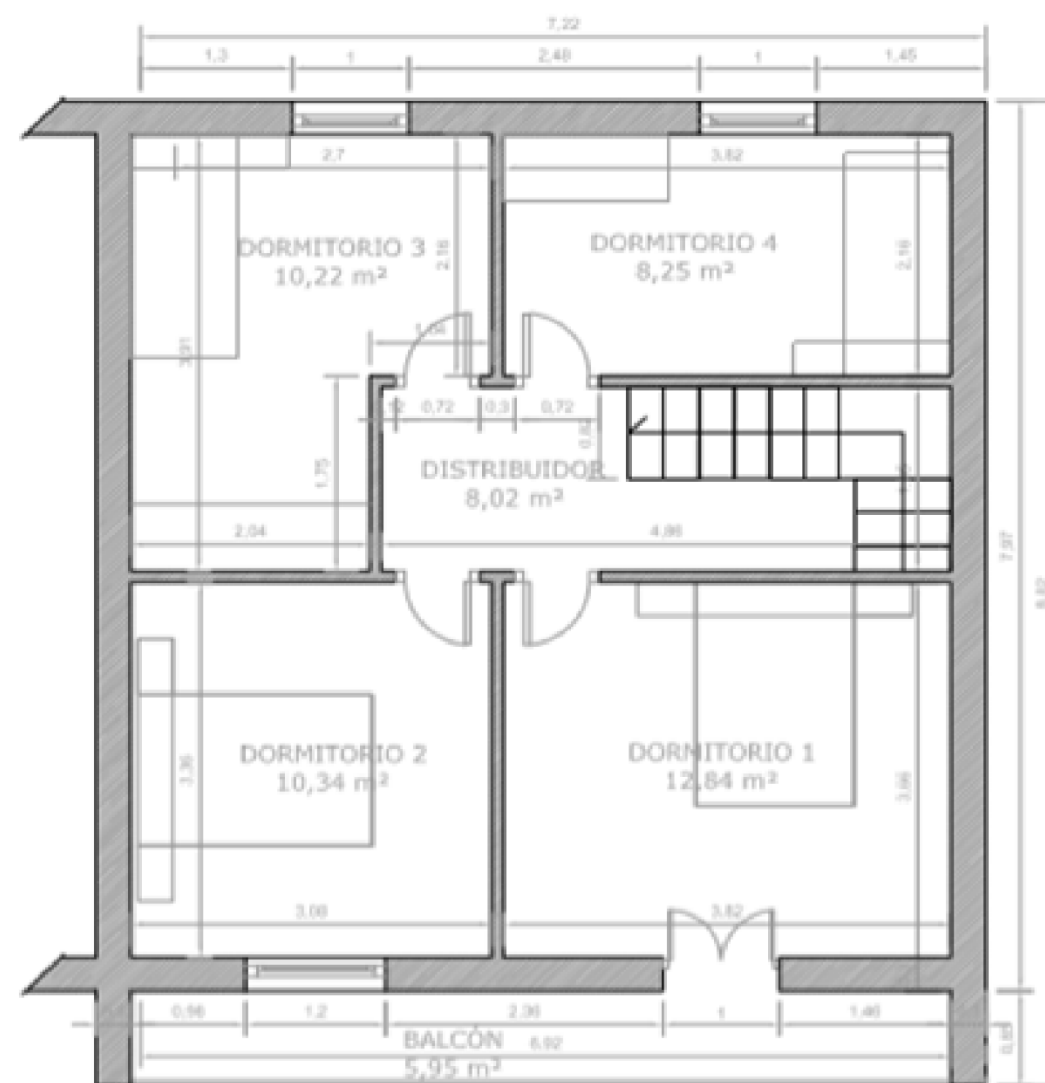
Dpto. Ingeniería Eléctrica y Energética	Revisado por: Jairo Acebes Pascua	Creado por: Jairo Acebes Pascua	Aprobado por: Delfin Silió Salcines	Escala: 1/50
E.T.S. de Ingenierías Industriales y Telecomunicaciones		Plano de conjunto	Original	
		Título:		
			Rev:	Fecha:
			A	2019/09
			Idioma:	ES
			Hoja:	1/9



PLANTA BAJA

VESTÍBULO	13,72 m²
SALÓN/ESTAR	12,53 m²
COCINA	14,43 m²
BAÑO	9,47 m²

SUP. ÚTIL VIVIENDA PB	50,15 m²
SUP. CONSTRUIDA PB	59,37 m²

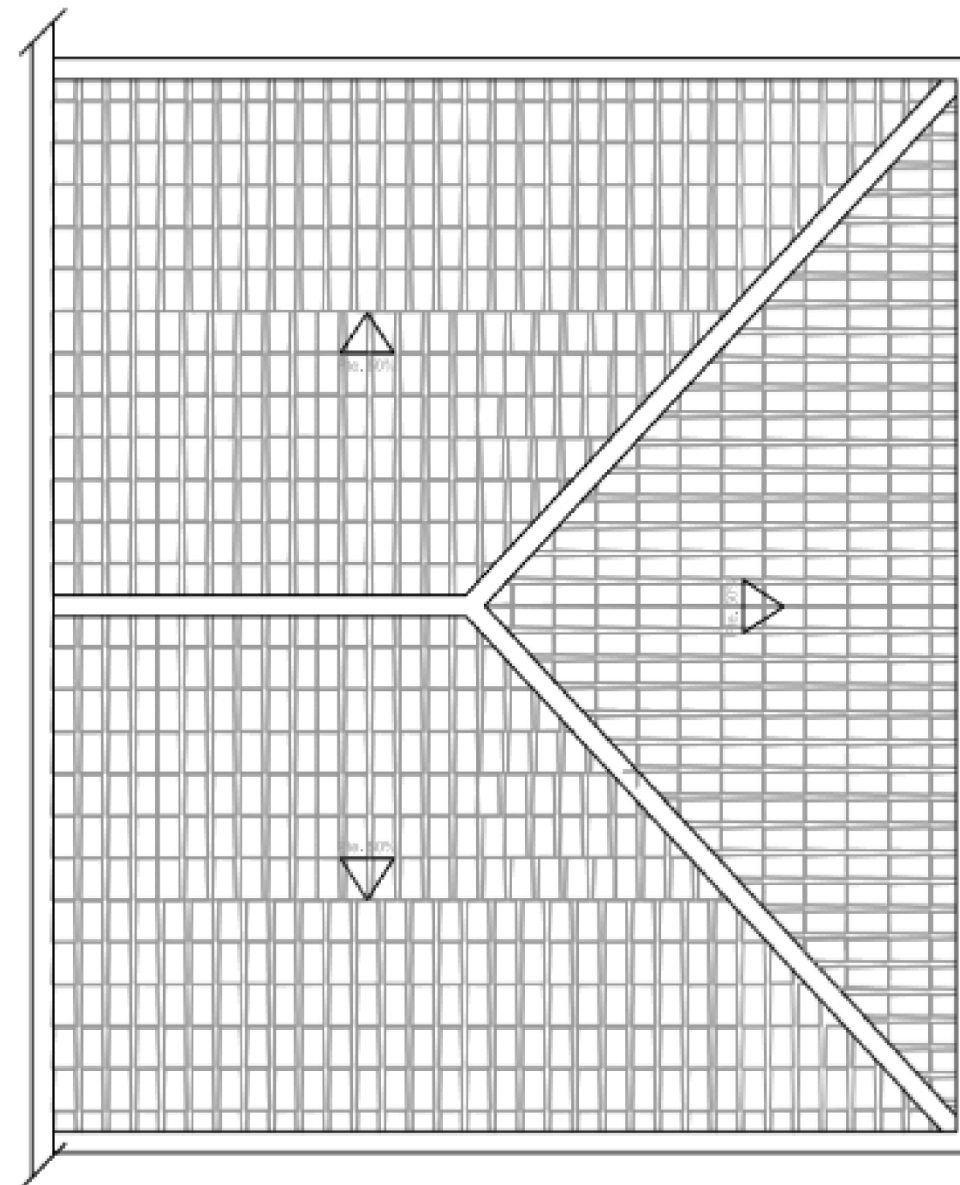


PLANTA PRIMERA

DISTRIBUIDOR	8,02 m²
DORMITORIO 1	12,84 m²
DORMITORIO 2	10,34 m²
DORMITORIO 3	10,22 m²
DORMITORIO 4	8,25 m²

SUP. ÚTIL VIVIENDA PP	49,67 m²
BALCÓN	5,95 m²
SUP. CONSTRUIDA PP	62,77 m²

Dpto. Ingeniería Eléctrica y Energética	Referencia: Jairo Acebes Pascua	Creado por: Jairo Acebes Pascua	Aprobado por: Delfin Silió Salcines	Escala: 1/50
E.T.S. de Ingenierías Industriales y Telecomunicaciones		Plano de conjunto		Original
		Título:		
		Rev:	Fecha:	Idioma: Hoja:
		A	2019/09	ES 1/9

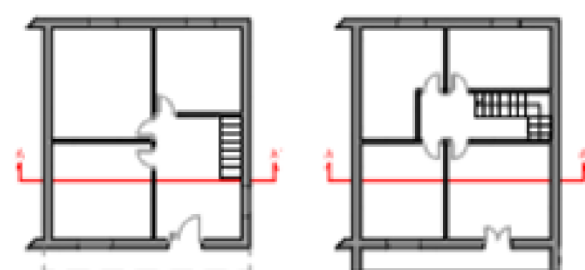


PLANTA CUBIERTA

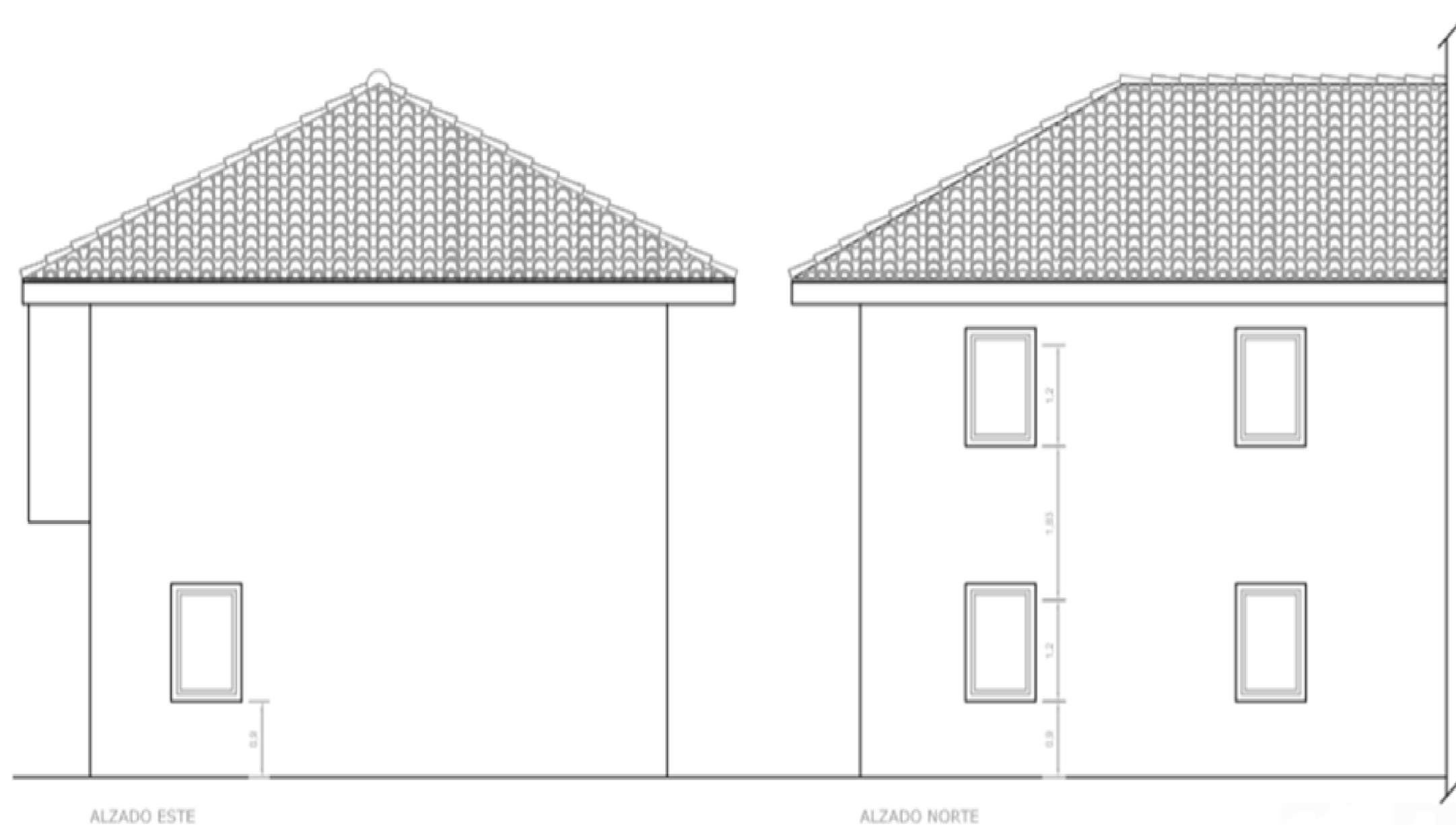
SUP. ÚTIL TOTAL VIVIENDA 99,82 m²

SUP. CONSTRUIDA TOTAL 122,14 m²

Dpto. Ingeniería Eléctrica y Energética	Referencia de planos Jairo Acebes Pascua	Creado por: Jairo Acebes Pascua	Aprobado por: Delfin Silió Salcines	Escala: 1/50	
E.T.S. de Ingenierías Industriales y Telecomunicaciones		Plano de conjunto		Original	
		Título:			
		Rev:	Fecha:	Idioma:	Hoja:
		A	2019/09	ES	1/9

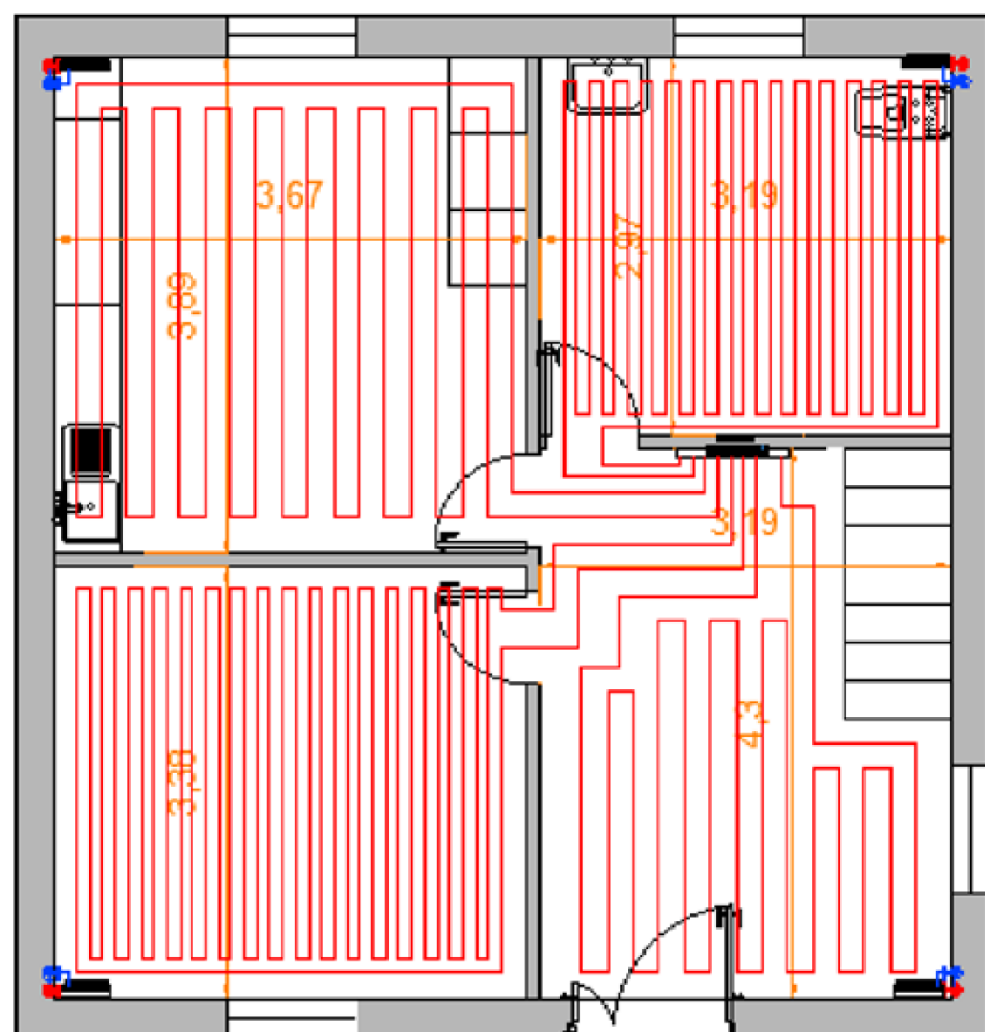


Dpto. Ingeniería Eléctrica y Energética	Referencias de cursos Jairo Acebes Pascua	Creado por: Jairo Acebes Pascua	Aprobado por: Delfin Silió Salcines		Escala: 1/50	
E.T.S. de Ingenierías Industriales y Telecomunicaciones		Plano de conjunto		Original		
		Título:				
		Rev: A	Fecha: 2019/09	Idioma: ES	Hoja: 1/9	



Dpto. Ingeniería Eléctrica y Energética	Ref. en planos de conjunto Jairo Acebes Pascua	Creado por: Jairo Acebes Pascua	Aprobado por: Delfin Silio Salcines	Escala: 1/50
E.T.S. de Ingenierías Industriales y Telecomunicaciones		Plano de conjunto		Original
		Título:		
		Rev:	Fecha:	Idioma:
		A	2019/09	ES
		Hoja:		1/9

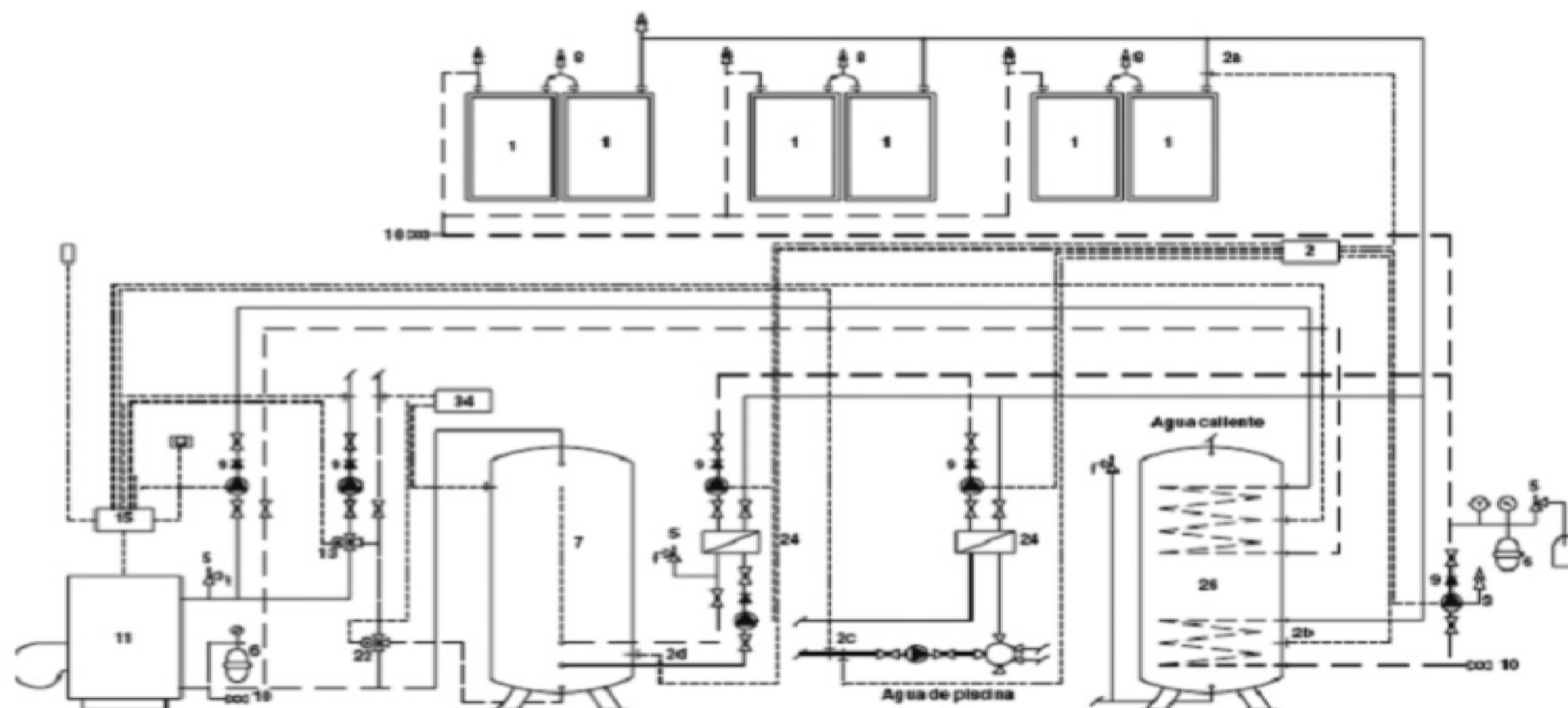
ESTADO ACTUAL PLANTA BAJA



ESTADO ACTUAL PLANTA PRIMERA



Dpto. Ingeniería Eléctrica y Energética	Referencia de autor Jairo Acebes Pascua	Creado por: Jairo Acebes Pascua	Aprobado por: Delfin Silió Saldaña	Escala: 1/50
E.T.S. de Ingenierías Industriales y Telecomunicaciones		Plano de conjunto		Original
		Título:		
		Rev:	Fecha:	Idioma:
		A	2019/09	ES
		Hoja:		1/2



Leyenda:

- 1** Colector solar
- 2** Regulador solar SOM
- 2a** Sonda en el colector
- 2b** Sonda en el termoacumulador
- 2c** Sonda en el agua de piscina
- 2d** Sonda en el acumulador de calefacción
- 3** Bomba de circulación con purga de aire

- 5** Válvula de seguridad
- 6** Vaso de expansión
- 7** Acumulador tampón para calefacción
- 8** Conexión entre colectores
- 9** Válvula antirretorno
- 10** Llave de llenado y vaciado
- 11** Caldera de gasóleo/gas
- 13** Válvula de 3 vías motorizada

- 15** Regulador de caldera
- 17** Sonda de temperatura exterior
- 18** Sonda de temperatura en la impulsión
- 22** Válvula de conmutación
- 24** Intercambiador de placas
- 25** Grupo seguridad para circuito agua fría
- 26** Termo acumulador
- 34** Regulador diferencial

Dpto. Ingeniería Eléctrica y Energética	Revisión de planos Jairo Acebes Pascua	Creado por: Jairo Acebes Pascua	Aprobado por: Delfin Silió Sakines	Escala: 1/50
E.T.S. de Ingenierías Industriales y Telecomunicaciones		Plano de conjunto		Original
		Título:		
		Rev: A	Fecha: 2019/09	Idioma: ES
		Hoja: 2/2		

3. PLIEGO DE CONDICIONES

En este apartado se recogen un conjunto de artículos o cláusulas que regulan los derechos, responsabilidades, obligaciones y garantías mutuas entre los distintos agentes de la edificación: promotor, constructor, proyectista, director de obra, director de ejecución de las obras.

3.1. DISPOSICIONES PRELIMINARES

La legislación que se deberá tener como punto de referencia para la realización del proyecto es la siguiente:

- Real Decreto 891 / 1980, de 14 de abril, sobre homologación de los paneles solares (B.O.E. de 12 mayo de 1980).
- Orden del 28 de julio 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los paneles solares (B.O.E. de 18 de agosto de 1980).
- Orden del 9 de abril de 1981, por la que se especifican las exigencias técnicas que deben cumplir los sistemas solares para agua caliente y climatización, a efectos de la concesión de subvenciones a los propietarios, en el desarrollo del artículo 13 de la ley 82/1980, del 30 de diciembre, sobre conservación de la energía (B.O.E. de 25 de abril de 1981).
- Real Decreto 1218 / 2002, de 22 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1751 / 1998, de 31 de julio, por el que se aprobó el R.I.T.E. y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (I.T.C.) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.

- Pliego de condiciones técnicas de las instalaciones de energía solar térmica I.D.A.E. (ref. PET-REV-16.6.18.5/I-01).
- Ley 82 / 1980 del 30 de diciembre, sobre conservación de la energía (B.O.E. 27 de enero de 1981).
- Resolución de la Dirección General del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), de 12 de marzo de 2002, por la que se establecen las bases reguladoras y la convocatoria para la concesión de ayudas para apoyo a la energía solar térmica, en el marco del Plan de Fomento de las Energías Renovables.
- Resolución del 5 de noviembre de 2001, de la consejería de industria, por la que se aprueban las bases que han de regir las convocatorias públicas de subvenciones para programas de ahorro energético y uso de energías renovables en el año 2002.
- Reglamento de recipientes a presión.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Ley 31 / 1995 del 8 de noviembre sobre la prevención de riesgos laborales (B.O.E. nº 269 de 10 de noviembre).
- Real Decreto 1627 / 97, de 24 de octubre de 1997 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Además, se tendrán en cuenta en la medida de lo posible otras normativas como las normas UNE de la asociación española de normalización y certificación (AENOR), junto con las normas del Código Técnico de la Edificación (CTE) del ministerio de obras públicas, de forma conjunta con otras normas aplicables de organismos internacionales como las CEN o ISO, como las siguientes (También hay varias normativas en inglés que no se adjuntarán).

:

- UNE-EN 12975-1. Sistemas solares térmicos y componentes - Captadores Solares (Parte 1: Requisitos Generales).
- UNE-EN 12975-2. Sistemas solares térmicos y componentes - Captadores Solares (Parte 2: Métodos de Ensayo).
- UNE-EN 12976-1. Sistemas solares térmicos y componentes - Sistemas solares prefabricados (Parte 1: Requisitos Generales).
- UNE-EN 12976-2. Sistemas solares térmicos y componentes - Sistemas solares prefabricados (Parte 2: Métodos de Ensayo).
- UNE-EN 12977-1. Sistemas solares térmicos y componentes - Sistemas solares a medida (Parte 1: Requisitos Generales).
- UNE-EN 12977-2. Sistemas solares térmicos y componentes - Sistemas solares a medida (Parte 2: Métodos de Ensayo).
- UNE-100030:2005-IN, guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de la legionela en instalaciones.
- UNE-112076:2004 IN, guía para la prevención de la corrosión en circuitos de agua.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

3.2.1. Colectores

Los colectores se encontrarán en jaulas de madera adecuadas para su traslado o elevación mediante carretillas elevadoras.

Las jaulas se almacenarán sobre suelo plano y en zona cubierta. En caso de almacenarse en el exterior, las jaulas se cubrirán para protegerlas de la posible lluvia.

En el caso de que los colectores (una vez desembalados y previamente a ser montados sobre los soportes de apoyo) deban ser dejados a la intemperie, se colocarán con un ángulo de inclinación que será mínimo de 20° y máximo de 80°, con la cubierta de cristal mirando hacia arriba.

Nunca se colocará en posición horizontal y vertical. Además, antes de que sean empleados, mientras no estén llenos del fluido caloportador, deben estar cubiertos para evitar posibles dilataciones excesivas.

3.2.2. Interacumuladores

Los interacumuladores se ubicarán de forma que no molesten a la habitabilidad de las estancias, de forma que será mejor situarlo en el exterior cerca de los captadores solares, colocando los interacumuladores sobre el suelo y sujeto a éste.

En espera de su instalación, puede ser almacenado horizontal o verticalmente en el suelo con embalaje, para evitar golpes y demás daños que pudieran ser causados.

3.2.3. Tuberías de circuitos y demás elementos

Deberán ser todos los elementos y las tuberías de primera calidad, evitando que estén expuestos a daños por golpes durante el almacenamiento de éstos.

3.3. CONDICIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Materiales

Todos los materiales serán de buena calidad y de reconocida marca comercial, como en las fichas técnicas que se ofrecen con la compañía Baxi Roca.

Tendrán las dimensiones que indiquen los documentos del proyecto y fije la dirección facultativa.

3.3.2. Reconocimiento de los materiales

Los materiales que se emplearán en la obra pasarán una prueba de reconocimiento previo empleo por la dirección facultativa. De esta forma, esta dirección será la que dé el visto bueno a su empleo, y así podrán ser empleados en la obra.

El encargado de proporcionar a esta dirección las muestras de materiales para la aprobación de éstos será el contratista. En este punto, los ensayos de la dirección facultativa se realizarán en laboratorios dedicados a estas prácticas.

En cuanto a la calidad de los materiales como accesorios, codos, racores... éstos deberán pasar una prueba de calidad y estar completamente libres de defectos y daños.

Si se pasan dichas pruebas y la dirección facultativa lo permite, entonces se darán por buenos los materiales.

3.4. EJECUCIÓN DE LA OBRA

3.4.1. Generalidades

Las obras serán ejecutadas de acuerdo con lo expuesto en el presente proyecto y a lo que dicte la dirección facultativa.

Las instalaciones, sin embargo, se ajustarán al planteamiento inicial por parte del director de la obra, marcando sobre la vivienda y sobre el terreno todos los puntos necesarios para la ejecución de la obra en presencia del contratista y según el proyecto.

El contratista facilitará todos los elementos que sean necesarios para la ejecución de los replanteos que se den por el director de obra y también de sus señalamientos, cuidando bajo su responsabilidad de la invariabilidad de las señales o datos fijados.

Si el contratista causara algún desperfecto en las propiedades colindantes a la del proyecto, deberá restaurarlas por su cuenta, dejándolas en el estado que las encontró previo comienzo de la instalación.

La instalación se llevará a cabo en su totalidad empleando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias de servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

Se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de los componentes. Además, en cuanto a las especificaciones de montaje, serán complementadas con las normativas y reglamentaciones vigentes que tengan competencia en el caso.

La comprobación de que el edificio es capaz y cumple los requisitos para soportar la instalación es competencia del suministrador, indicándolo expresamente en la documentación.

También es responsabilidad del suministrador comprobar la calidad de los materiales y del agua empleada, asegurando que se ajustan a lo especificado en las normas, de cara a evitar el empleo de materiales incompatibles entre sí; y también será responsable de la vigilancia de los materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional.

Habrà que tener un gran cuidado con materiales frágiles como luminarias, mecanismos, equipos de medida... que deberán quedar debidamente protegidos.

Durante el montaje, el suministrador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos realizados previamente, en especial de retales de conducciones y cables. Además, al final de la obra deberá limpiar totalmente todos los equipos (captadores, acumuladores, etc.), cuadros eléctricos, instrumentos de medida... de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Por otro lado, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de rebabas, óxidos y suciedades. La alineación de dichas canalizaciones en uniones y cambios de dirección se realizará con accesorios centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin necesitar forzar la canalización.

Si hay algunos componentes del equipo que resultan perjudicados por roces producidos durante el traslado o el montaje, el suministrador deberá aplicar pinturas con zinc.

La instalación de los equipos con válvulas y purgadores permitirá su acceso a efectos de mantenimiento, reparación o desmontaje si fuera necesario. Se deberá siempre que sea posible, dejar a la vista las placas de características de los equipos.

Todos los elementos metálicos que no correctamente protegidos contra la oxidación por el fabricante serán recubiertos con una doble mano de pintura antioxidante.

Los circuitos de distribución de ACS irán protegidos mediante ánodos de sacrificio.

Todos los equipos y circuitos podrán vaciarse parcial o totalmente desde los puntos más bajos de la instalación. En estos puntos, las conexiones de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua sea visible, teniendo los botellines de purga siempre en lugares accesibles y visibles.

3.4.2. Montaje de estructura soporte y captadores

Si los captadores se instalan en los tejados, se deberá asegurar la estanqueidad en los puntos de anclaje.

Además, la instalación permitirá el acceso a los captadores de forma que su desmontaje sea posible y sencillo en caso de rotura o avería, pudiendo desmontar un captador determinado con un mínimo de actuaciones sobre el resto.

Cuando se monten tuberías flexibles se evitará que queden retorcidas y que se produzcan radios de curvatura superiores a los especificados por el fabricante. Estas irán, además, conectadas a los captadores utilizando, preferentemente, accesorios para mangueras flexibles.

El suministrado será el encargado de evitar que los captadores queden expuestos al sol por períodos prolongados durante el período de montaje, en el que las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

Una vez finalizado el montaje, antes del arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda prolongarse, el suministrador deberá tapar los captadores.

3.4.3. Montaje del interacumulador

La estructura soporte para depósitos se realizará según la normativa vigente, junto a su fijación.

La ubicación de los acumuladores y sus estructuras de sujeción, cuando se sitúen en cubiertas de piso, tendrá en cuenta las características de la edificación y requerirá, para depósitos de más de 1000 litros, el diseño de un profesional competente.

Se tendrá en cuenta, además, la accesibilidad del intercambiador, para operaciones de sustitución o reparación.

3.4.4. Montaje de las bombas

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y espacio suficiente para que el conjunto del motor y rodete pueda ser fácilmente desmontado.

El acoplamiento de una bomba en línea con la tubería podrá ser de tipo roscado hasta el diámetro nominal de 32mm. Este diámetro además no podrá ser nunca inferior al de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones las bombas de forma que no se causen esfuerzos recíprocos.

Las conexiones entre las tuberías y las bombas no deberán provocar esfuerzos recíprocos. Para ello, se usarán manguitos antivibración cuando la potencia sea superior a 700 W).

Todas las bombas tendrán tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de un filtro de malla o tela metálica.

3.4.5. Montaje de tuberías y accesorios

Antes del montaje se tendrá que comprobar que las tuberías no están rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas u oxidadas.

Serán almacenados en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos.

Durante su manipulación se evitarán roces, golpes y arrastres que puedan dañar la resistencia mecánica, las superficies de las extremidades o las protecciones anticorrosión.

Las piezas especiales como manguitos o gomas de estanqueidad se guardarán en locales cerrados.

En cuanto a la instalación, las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando fundamentalmente, tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio (tabiques, paredes...), cuidando también de cumplir las pendientes que deban darse.

Las tuberías se instalarán lo más próximo posible a los apartamentos, dejando hueco suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios.

La distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será siempre de 5 cm. Además, discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen paralelamente.

La distancia entre la superficie exterior de la tubería y la del cable o tubo protector no deben ser inferiores a:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V.
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V.
- 50 cm para cables con tensión superior a 1000 V.

Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos como cuadros o motores.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos. Además, deben ser fácilmente desmontables con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que se eviten la aparición de bolsas de aire, mediante manguitos de reducción excéntricos.

Para evitar la formación de dichas bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente del 1% en el sentido de circulación.

Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.

Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas.

Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

El dimensionado, distancia y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de la normativa UNE 100.152.

Durante el montaje de las tuberías se evitarán los cortes para la unión de tuberías, rebabas y escorias.

Los sistemas de seguridad y expansión se conectarán de forma que se evite cualquier acumulación de suciedad o impurezas.

Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido deben compensarse para evitar roturas en los puntos más débiles (uniones), donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.

En las salas de máquinas se aprovecharán los cambios de dirección de circulación, para que la red de tuberías tenga flexibilidad y pueda soportar variaciones de longitud.

En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

3.4.6. Montaje del aislamiento

En cuanto al aislamiento, este no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales de la vivienda.

El manguito para muros deberá tener las dimensiones necesarias para que pase la conducción, con su aislamiento, teniendo una holgura máxima de 3 cm.

No será permitida la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, y podrán estar o no completamente envueltos por material aislante.

Los puentes térmicos que se crean en estos soportes de conducciones deberán anularse mediante un material elástico (goma, filtro...) entre él y la conducción.

Tras instalar los aislamientos, los instrumentos de medida y control, las válvulas de desagües, volantes... deberán quedar visibles y accesibles.

Las marcas que distinguen el tipo de fluido que circula por el interior de las conducciones se pintarán sobre la superficie exterior del aislamiento.

3.5. MEDICIÓN Y ABONO DE OBRAS

3.5.1. Colectores solares de placa plana

En el precio unitario de los colectores solares de placa plana están incluidos portes, descarga, instalación y accesorios de unión de éstos a todos sus elementos (tuberías, sondas...).

3.5.2. Replanteo

Todas las operaciones y medios auxiliares necesarios para los replanteos que se den correrán a cuenta del contratista, no teniendo derecho a indemnización por ello.

El contratista será responsable de los errores que resulten de los replanteos con relación a los planos acotados que el director de la obra facilite a su debido tiempo.

3.5.3. Mediciones

Los circuitos serán medidos en metros lineales y partes proporcionales de elementos de anclaje y accesorios (codos, empalmes, etc.).

La mezcla anticongelante se dará medida en litros como unidad de volumen.

Todos los elementos de la instalación serán medidos en unidades totalmente instaladas y en funcionamiento, con partes proporcionales de sujeción y accesorios.

3.5.4. Abono de las obras

Serán abonadas al contratista las obras que son ejecutadas con sujeción al proyecto aprobado, a las modificaciones debidamente autorizadas, y a las órdenes que le hayan sido comunicadas por el director de la obra.

Si en virtud de alguna disposición del director de la obra, se introdujera alguna reforma que supusiera una variación en el presupuesto estimado, el contratista quedará

obligado a ejecutarla con los precios que figuran en el presupuesto del contrato, pero de no haberlos, serán establecidos previamente.

El abono de las obras se efectuará en su recepción, cuando hayan sido finalizadas.

3.5.5. Comienzo de las obras

El contratista deberá comenzar las obras dentro de los quince días tras la firma del contrato y en su ejecución se ajustará a los planos que le suministre el director de la obra.

El contratista se sujetará a las leyes, reglamentos, normas y ordenanzas vigentes, así como los que sean dictados por el director durante la ejecución de las obras.

3.5.6. Responsabilidades en la ejecución

El contratista es el único responsable de la ejecución de las obras que haya contratado durante su desarrollo.

El contratista no tendrá derecho a indemnización por el posible excesivo coste de los materiales ni por los errores que pudiese cometer durante la realización de la obra, siendo el encargado único de todo ello, e independientemente de la inspección posterior del director de la obra.

El contratista será igualmente responsable ante los tribunales de los posibles accidentes que ocurran en la construcción de la instalación por no tomar todas las medidas de precaución necesarias, donde si no fuese persona competente, deberá ser representado por otra persona que tenga los debidos conocimientos.

3.6. DISPOSICIONES FINALES

3.6.1. Condiciones de contratación

3.6.1.1. Elección de componentes

Todos los materiales empleados en el montaje de la instalación corresponden a los de mayor fiabilidad del mercado, cumpliendo a su vez, todas y cada una de las condiciones de trabajo a que éstos se someten, y las condiciones expresadas previamente en este proyecto.

3.6.1.2. Prescripciones generales de la instalación

Se aplicarán todas las prescripciones y normas previstas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).

3.6.2. Ejecución del proyecto

La empresa constructora contratada para la ejecución del proyecto deberá tener en cuenta todas las normas que se hayan establecido sobre el montaje.

Todas las obras deberán, además, ser realizadas por personal cualificado.

- Plazo de ejecución.

Será fijado en el plazo de ejecución de las bases de contratación.

- Comprobación del circuito.

Una vez terminado el montaje se efectuarán los siguientes controles:

- Verificar sentido de la bomba
- Verificar sentido de las válvulas antirretorno
- Colocación de sondas de temperatura
- Verificar la inexistencia de fugas
- Purgar la instalación
- Comprobar la correcta puesta en marcha y parada del grupo de control
- Ajustar el caudal del circuito primario para un óptimo rendimiento
- Vigilar la presión de los circuitos y verificar, si existen o no golpes de ariete
- Prueba final de entrega

Antes de dar por finalizada la ejecución del proyecto la instalación será sometida a una prueba en las condiciones finales y reales a las que la vivienda será empleada de forma corriente habitualmente.

3.6.3. Condiciones facultativas

3.6.3.1. Dirección

La dirección del montaje estará realizada en su totalidad por la persona firmante de este proyecto.

La instalación de los elementos se adecuará totalmente a los planos y documentos del presente proyecto.

Si hubiera necesidad de variar algún punto de este proyecto, será el director del montaje el único autorizado.

3.6.3.2. Interpretación

La interpretación del proyecto en toda su amplitud será llevada a cabo por el técnico, al que la casa constructora deberá obedecer en el transcurso de su realización.

Si hubiese alguna diferencia en la interpretación de las condiciones del citado proyecto, la casa constructora deberá aceptar y obedecer la opinión del técnico.

3.6.3.3. Responsabilidad de la casa constructora

La empresa constructora será la única responsable de las indemnizaciones que pudiera ser necesario hacer bien por el sobre coste que pudiera causar la instalación de los elementos del proyecto o bien por las maniobras fallidas que se pudiera cometer durante su realización.

3.6.3.4. Duración de obra

La empresa constructora abonará una determinada cantidad por cada día de retraso en la fecha de entrega de la instalación totalmente finalizada y cumpliendo todos los requisitos y peticiones determinadas en el proyecto.

3.6.3.5. Exclusividad de proyecto

La empresa constructora no podrá en ningún caso traspasar ni ceder o dar este contrato ni este proyecto a otra persona o empresa sin la previa autorización de la dirección técnica del proyecto.

3.6.4. Garantías

3.6.4.1. Plazo de garantía

El suministrador proporcionará a la instalación una garantía de un periodo mínimo de 3 años, incluyendo en ello todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado para su montaje.

Siempre que se haya manipulado todo correctamente según las instrucciones, la instalación será reparada según las condiciones generales si ha sufrido una avería por defectos de montaje (sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros).

La garantía se concede a favor del comprador, lo cual deberá justificarse debidamente con un certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Si se debiera interrumpir la explotación del suministro por motivos de los que es responsable el suministrador, o por reparaciones que se deban realizar para cumplir las condiciones de garantía, el plazo de la garantía se modificará en base a la duración total de dichas interrupciones.

La garantía comprende tanto la reparación o reposición de los componentes/piezas que pudieran resultar defectuosas, como la mano de obra empleada para ello durante el plazo en que resulte vigente la garantía.

Quedan expresamente el resto de los costes totales, como son los tiempos de desplazamiento, los medios de transporte, la amortización de vehículos y herramientas, la disponibilidad de otros medios y los eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación.

De igual forma, se deberán incluir la mano de obra y los materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes en el funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo no excesivo, resulte que el suministrador está incumpliendo las obligaciones establecidas en la garantía, el comprador de la instalación podrá, siempre que lo notifique de forma escrita previamente, fijar una fecha límite para el cumplimiento de las obligaciones.

No obstante, si el suministrador no cumple con sus obligaciones de la garantía para esa fecha límite establecida, el comprador de la instalación podrá realizar por sí mismo o mediante un tercero las reparaciones necesarias, sin riesgo para la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios debida.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica no autorizados por el suministrador.

Si en algún momento el usuario detecta cualquier defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará directamente al suministrador.

Si el suministrador considera que resulta un defecto de fabricación en cuanto a algún componente, se lo comunicará directamente al fabricante.

El suministrador deberá atender el aviso en un plazo de:

- 24 horas, si se interrumpe el suministro de agua caliente, procurando establecer un servicio mínimo hasta el correcto funcionamiento de los sistemas solar y de apoyo.
- 48 horas, si el fallo impide el funcionamiento de la instalación.

- Una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones deberán ser reparadas en la misma ubicación en que se encuentra por el suministrador.

Si la avería de algún componente o pieza no pudiera ser reparada en dicha ubicación, el componente deberá ser enviado al taller oficial que ha designado el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador deberá realizar las reparaciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso. Sin embargo, no resultará responsable de los perjuicios causados por los retrasos en las reparaciones siempre éste sea inferior a 15 días naturales.

3.6.4.2. Recepción definitiva

Una vez cumplido el plazo de garantía, se procederá a la recepción definitiva, mediante las pruebas consiguientes. Si los resultados resultasen satisfactorios, se creará un acta en el que constarán los resultados de las demás pruebas unificadas durante ese período de garantía.

3.6.5. Tramitación

3.6.5.1. Tramitación oficial

El contratista será el responsable de la realización de los trámites necesarios entre organismos interesados para la legalización de la instalación.

El contratista será responsable de todos los gastos debidos a trámites, incluidas todas las copias y papeleos del proyecto que se reproduzcan, y también de cualquier demora que se den lugar a fallos en la tramitación.

3.6.5.2. Validez del presupuesto

El presupuesto del proyecto será válido por un período máximo de 30 días.

Si se sobrepasa dicho plazo, se aplicará un incremento en porcentaje sobre el total del presupuesto, según indique el reglamento del Estado en incremento de precios.

No se podrá sobrepasar en ningún caso el índice de fluctuación oficial del país.

Por último, al precio final indicado en el presupuesto se le aplicará el impuesto sobre el valor añadido (IVA) correspondiente, que actualmente se sitúa en el 21%.

3.6.5.3. Cambio de constructor

La constructora solo podrá ceder o traspasar la contrata de la obra de la vivienda a otra persona física o jurídica bajo la plena y expresa autorización de la administración por escrito. Si no hay autorización expresa, no podrá ocurrir.

4. PRESUPUESTO

4.1. PRESUPUESTO PARA AGUA CALIENTE SANITARIA

NOMBRE DE ELEMENTO	CANTIDAD	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
Colector solar plano PS 2.0	6	560	3360
Soporte para tejado de 2 colectores planos ST2 – PS 2.0	3	210	630
Juego de acoplamiento CH – PS 2.0	2	96	192
Acumulador solar AS 1500 – 2E	1	3348	3348
Tubería de cobre de $\phi = 18$ mm y de $e = 1$ mm	24 m	6.99 / m	167.76
Tubería de cobre de $\phi=25$ mm y 1.5 mm de espesor	30 m	7.96 / m	238.8
Propilenglicol Tyfocor Ibersolar	20 L	3.56	71.3
Vaso de expansión "Vasoflex solar" N 12L	1	38	38
Coquilla de aislamiento de 20 mm	45 m	9.35 / m	420.75
Bomba de circulación Wilo Star Z-20/4	1	284	284
Purgador Flex-vent Roca	1	9.6	9.6
Purgador desaireador Flex-air Roca	1	140	140
Válvula de esfera series cubo Roca	10	7.8	78

Válvula de resorte Roca	1	16.6	16.6
Grifo desagüe Roca	1	7.8	7.8
Presostato Danfoss	1	35.71	35.71
Manómetro de esfera tipo muelle	1	12.06	12.06
Termómetro Roca	4	20.8	83.2
Central de regulación CS10	1	210	210

- COSTE TOTAL = 9343.58 €

DENOMINACIÓN	Nº HORAS	COSTE POR HORA	COSTE TOTAL
Oficial 1º fontanero para ACS	16	15	240
Peón especializado de albañil	10	9	90

- COSTE MANO DE OBRA = 330 €

DENOMINACIÓN	Nº HORAS	COSTE POR HORA	COSTE TOTAL
Grúa	1	39	39

- COSTE GRÚA = 39 €

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL**9712.58 €**

El presupuesto de ejecución de material asciende a nueve mil setecientos doce euros con cincuenta y ocho céntimos.

Santander, a 12 de Septiembre de 2019

Fdo. Ingeniero Técnico Industrial

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL	9712.58 €
13 % gastos generales	1262.64 €
6 % beneficio industrial	582.76 €
TOTAL	11557.98 €
10 % IVA	1155.80 €
PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA	12713.78 €

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a doce mil setecientos trece euros con setenta y ocho céntimos.

Santander, a 12 de Septiembre de 2019

Fdo. Ingeniero Técnico Industrial

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	12713.78 €
6 % de honorarios y dirección del proyecto	762.83 €
Licencias y permisos	400 €
 PRESUPUESTO FINAL DE ACS	 13876.61 €

El presupuesto total para conocimiento de la administración asciende a trece mil ochocientos setenta y seis euros con sesenta y un céntimos.

Santander, a 12 de Septiembre de 2019

Fdo. Ingeniero Técnico Industrial

4.2. PRESUPUESTO PARA CALEFACCIÓN

NOMBRE DE ELEMENTO	CANTIDAD	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
Tubo Polietileno reticulado 20 mm x 2 mm (rollos de 200 m)	600 m	1.29	774
Film antihumedad	200 m ²	1.9	380
Banda perimetral	100 m	0.55	55
Aditivo para mortero	1 bidón	114.28	114.28
Panel aislante	150 m ²	11.4	1710
Grapas de fijación	1000	0.09	90
Juntas de dilatación	10	12.15	121.5
Colector de 4 conexiones (con 4 caudalímetros y detentes, un soporte y 2 válvulas de esfera)	1	205	205
Colector de 5 conexiones (con 5 caudalímetros y detentes, un soporte y 2 válvulas de esfera)	1	222	222
Cabezal electrotérmico	9	36.6	329.4
Grupo de purgado y vaciado	2	36.5	73
Racores para tubo 20x2mm	20	2.51	50.2

Caja empotrable para colectores	2	102.87	205.74
Termómetro	4	12	48
Grupo hidráulico (con válvula mezcladora y soporte del grupo)	1	428.92	428.92
Válvula de tres vías	1	36	36
Bomba WILO STAR RS 25/4	1	210	210
Juego de racores para la bomba	1	11	11
Termómetros	2	12	24
Motor para la válvula mezcladora	1	121.17	121.17
Unidad de control	1	101.3	101.3
Termostatos	9	7.82	70.38
Vaso de expansión	1	35	35
Caldera de condensación MICRAPLUS CONDENS 30kW de marca Hermann	1	1271	1271

- COSTE TOTAL = 6686.89 €

DENOMINACIÓN	Nº HORAS	COSTE POR HORA	COSTE TOTAL
Oficial 1º fontanero de suelo radiante	42	15	630
Peón especializado de albañil	35	9	315

- COSTE MANO DE OBRA = 945 €

DENOMINACIÓN	Nº HORAS	COSTE POR HORA	COSTE TOTAL
Grúa	10	39	390

- COSTE GRÚA = 390 €

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL**8021.89 €**

El presupuesto de ejecución de material asciende a ocho mil veintiún euros con ochenta y nueve céntimos.

Santander, a 12 de Septiembre de 2019

Fdo. Ingeniero Técnico Industrial

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL	8021.89 €
---	------------------

13 % gastos generales	1042.85 €
-----------------------	-----------

6 % beneficio industrial	481.32 €
--------------------------	----------

TOTAL	9546.06 €
--------------	------------------

10 % IVA	954.61 €
-----------------	-----------------

PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA	10500.67 €
---	-------------------

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a diez mil quinientos euros con sesenta y siete céntimos.

Santander, a 12 de Septiembre de 2019

Fdo. Ingeniero Técnico Industrial

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	10500.67 €
--	-------------------

6 % de honorarios y dirección del proyecto	630.04 €
--	----------

Licencias y permisos	400 €
----------------------	-------

PRESUPUESTO FINAL DE CALEFACCIÓN	11530.71 €
---	-------------------

El presupuesto total para conocimiento de la administración asciende a once mil quinientos treinta euros con setenta y un céntimos.

Santander, a 12 de Septiembre de 2019

Fdo. Ingeniero Técnico Industrial

4.3. PRESUPUESTO FINAL

PRESUPUESTO INSTALACIÓN AGUA CALIENTE SANITARIA	13876.61 €
--	------------

PRESUPUESTO INSTALACIÓN CALEFACCIÓN	11530.71 €
-------------------------------------	------------

<u>TOTAL</u>	<u>25407.32 €</u>
--------------	-------------------

El presupuesto final para conocimiento de la administración asciende a VEINTICINCO MIL CUATROCIENTOS SIETE EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS.

Santander a 12 de Septiembre de 2019

BIBLIOGRAFÍA

- Datos meteorológicos de Santander (Estación: Aeropuerto Seve Ballesteros)
<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=1109&k=can>
- Norma UNE 94003:2007. Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.
- Suelo Radiante. Funcionamiento, ventajas y desventajas. Obtenido en:
<https://blog.caloryfrio.com/suelo-radiante-ventajas-e-inconvenientes/>
- Funcionamiento de la instalación solar térmica y componentes.
<https://www.instalacionesyeficienciaenergetica.com/como-funciona-la-energia-solar-termica/>
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE). Obtenido de:
<https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento básico de ahorro de energía (HE). Obtenido de la web oficial:
<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>
- *Energía Solar Térmica: Técnicas para su aprovechamiento*. Libro de Pedro Rufes Martínez. Editorial: Marcombo.
- Energía solar térmica: Manual del proyectista. Libro de la Junta de Castilla y León. Obtenida de:
https://energia.jcyl.es/web/jcyl/Energia/es/Plantilla100Detalle/1273563855827/_/1188637394522/Redaccion

- Manual Técnico de Energía Solar Técnico de Salvador Escoda. Obtenido de:
https://www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Manual_Energia_Solar_4a_ed_Salvador_Escoda.pdf
- Norma UNE-EN ISO 22975-3:2015. Energía solar. Componentes y materiales del captador. Captadores solares. Parte 3: Durabilidad del absorbedor solar. (ISO 22975-3:2014)
- Norma UNE-EN ISO 9806:2014. Energía solar. Captadores solares térmicos. Métodos de ensayo.
- Guía práctica de la energía del IDAE para el consumo eficiente. Obtenido de:
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11406_Guia_Practica_Energia_3ed_A2010_509f8287.pdf
- Guía práctica de Agua Caliente Sanitaria del IDAE.
- Normativa Anti – legionela. Obtenida en:
http://www.lapesa.es/sites/default/files/legionela_c_4.pdf
- Guía de posibles Aplicaciones de la Energía Solar Térmica. Obtenida de:
https://suelosolar.com/guiasolares/aplicaciones_uso.asp
- *Energía solar: Cálculo y diseño de instalaciones*. Libro de Enrique Alaiz Fernández. Editorial: ETS de Ingenieros Industriales (Madrid).
- Manual Técnico de Suelo Radiante de Uponor. Recuperado de
<https://www.construnario.com/diccionario/swf/26092/manuales%20técnicos/calefacción%20anexo.pdf>
- Norma UNE-EN 1264-2:2009+A1:2013. Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 2: Suelo radiante: Métodos para la determinación de la emisión térmica de los suelos radiantes por cálculo y ensayo.

- Barquín Aja, V. (2011). Proyecto de instalación solar térmica para la producción de ACS, calefacción por suelo radiante y climatización de un hotel (Trabajo de Fin de Carrera). Recuperado del Repositorio UCrea de Unican.
- Cebrián Rodríguez, A. (2014). *Diseño de calefacción por suelo radiante y ACS para una vivienda unifamiliar* (Trabajo de Fin de Grado). Recuperado de https://e_archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/26601/TFG_Andres_Cebrian_Rodriguez_2014.pdf
- Ejemplo de cálculo de ventilación de una vivienda según el documento HS3 <https://www.certificadosenergeticos.com/ejemplo-calculo-ventilacion-vivienda-nuevo-hs3>
- Fichas técnicas de Paneles Solares, Acumuladores y Accesorios. Obtenidos de Baxi Roca.
- *Mecánica de Fluidos*. Libro de Frank M. White. Editorial: McGraw Hill. (Para el cálculo de las pérdidas de carga).
- Índice ejemplo de Pliego de Condiciones. Obtenido de la web: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10223/Plec_condicions.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Fichas técnicas de precios de elementos. Obtenido en: https://www.salvadorescoda.com/tarifas/Sistemas_Radiantes_Tarifa_PVP_SalvadorEscoda.pdf
- Normativa técnica de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria. Publicada en la red por Cype Ingenieros.
- Instalaciones solares térmicas de baja temperatura. Libro de Alejandro Sancho del Amo y Amaya Martínez Gracia. Editorial: Prensas de la Universidad de Zaragoza.

ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Captador solar</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 2. Tuberías de cobre del circuito hidráulico.....</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 3. Intercambiador de calor de placas</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 4. Acumulador solar</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 5. Bomba de circulación.....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 6. Caldera de energía auxiliar</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 7. Ejemplo de esquema de la instalación.....</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 8. Sistema termosifón</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 9. Sistema de circulación forzada</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 10. Sistema de intercambio directo.....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 11. Sistema de intercambio indirecto</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 12. Sistema de energía auxiliar de acumulador individual</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 13. Sistema de energía auxiliar de acumulador centralizado.....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 14. Sistema de energía auxiliar de acumuladores distribuidos</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 15. Sistema de energía auxiliar en línea centralizado.....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 16. Sistema de energía auxiliar en línea distribuido.....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 17. Captador solar de tubos 'Heat Pipe'</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 18. Captador concentrador</i>	<i>29</i>

<i>Ilustración 19. Captador solar protegido.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 20. Captador plano no protegido.....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 21. Esquema del captador plano</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 22. Partes del captador plano</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 23. Cubierta transparente del captador plano.....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 24. Placa absorbente del captador plano.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 25. Configuración vertical de tubos.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 26. Configuración horizontal de tubos.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 27. Configuración en serpentín de tubos</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 28. Aislamiento térmico del captador plano</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 29. Carcasa del captador plano</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 30. Campo de captación solar</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 31. Gradientes verticales según tecnología</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 32. Placas de aislamiento del suelo radiante</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 33. Grapas de fijación del suelo radiante.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 34. Colectores de distribución.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 35. Curvatubos.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 36. Zona climática de Santander</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 37. Parámetros característicos de la envolvente térmica.....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 38. Valor base y factor corrector por sup. del consumo energético</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 39. Valor base y factor corrector por sup. de la demanda energética.....</i>	<i>99</i>

<i>Ilustración 40. Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica.....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 41. Transmitancia térmica límite de particiones interiores</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 42. Balance de calores de ACS en enero</i>	<i>115</i>
<i>Ilustración 43. Balance de calores de ACS en febrero.....</i>	<i>117</i>
<i>Ilustración 44. Balance de calores de ACS en marzo</i>	<i>119</i>
<i>Ilustración 45. Balance de calores de ACS en abril</i>	<i>121</i>
<i>Ilustración 46. Balance de calores de ACS en mayo</i>	<i>123</i>
<i>Ilustración 47. Balance de calores de ACS en junio.....</i>	<i>125</i>
<i>Ilustración 48. Balance de calores de ACS en julio.....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 49. Balance de calores de ACS en agosto</i>	<i>129</i>
<i>Ilustración 50. Balance de calores de ACS en septiembre.....</i>	<i>131</i>
<i>Ilustración 51. Balance de calores de ACS en octubre</i>	<i>133</i>
<i>Ilustración 52. Balance de calores de ACS en noviembre.....</i>	<i>135</i>
<i>Ilustración 53. Balance de calores de ACS en diciembre.....</i>	<i>137</i>
<i>Ilustración 54. Coberturas mensuales de ACS.....</i>	<i>139</i>
<i>Ilustración 55. Esquema de tamaño de colectores.....</i>	<i>140</i>
<i>Ilustración 56. Balance de calores de calefacción en octubre.....</i>	<i>163</i>
<i>Ilustración 57. Balance de calores de calefacción en noviembre</i>	<i>165</i>
<i>Ilustración 58. Balance de calores de calefacción en diciembre</i>	<i>167</i>
<i>Ilustración 59. Balance de calores de calefacción en enero.....</i>	<i>169</i>
<i>Ilustración 60. Balance de calores de calefacción en febrero</i>	<i>171</i>

<i>Ilustración 61. Balance de calores de calefacción en marzo.....</i>	<i>173</i>
<i>Ilustración 62. Coberturas mensuales de calefacción</i>	<i>175</i>
<i>Ilustración 63. Componentes del suelo radiante</i>	<i>178</i>
<i>Ilustración 64. Gráfica lineal de potencia térmica específica.....</i>	<i>182</i>
<i>Ilustración 65. Diferencia de temperatura entre fluido y estancia para los distintos pasos.....</i>	<i>192</i>
<i>Ilustración 66. Valores de q_G para los distintos pasos.....</i>	<i>193</i>
<i>Ilustración 67. Resistencias del suelo radiante</i>	<i>196</i>
<i>Ilustración 68. Potencias térmicas y punto de funcionamiento de cada estancia... </i>	<i>197</i>
<i>Ilustración 69. Temperaturas medias superficiales de las estancias.....</i>	<i>198</i>
<i>Ilustración 70. Diagrama de Moody.....</i>	<i>202</i>
<i>Ilustración 71. Pérdida de carga lineal entre bomba y colector</i>	<i>205</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Datos meteorológicos mensuales de Santander.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 2. Componentes de la cubierta y sus características</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 3. Componentes de la fachada y sus características</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 4. Componentes de la medianera y sus características</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 5. Componentes de la solera y sus características</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 6. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con aire exterior</i>	<i>103</i>

<i>Tabla 7. Transmitancias de los cerramientos de la vivienda</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 8. Transmitancias de los huecos, puertas y lucernarios.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 9. Relación entre transmitancias máximas y límite de los cerramientos</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 10. Temperaturas medias y humedades relativas de Santander para los distintos meses</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 11. Factor de temperatura de superficie interior de los cerramientos.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 12. Calores y temperaturas para ACS en enero.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 13. Calores y temperaturas para ACS en febrero</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 14. Calores y temperaturas para ACS en marzo.....</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 15. Calores y temperaturas para ACS en abril.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 16. Calores y temperaturas para ACS en mayo.....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 17. Calores y temperaturas para ACS en junio</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 18. Calores y temperaturas para ACS en julio</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 19. Calores y temperaturas para ACS en agosto</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 20. Calores y temperaturas para ACS en septiembre</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 21. Calores y temperaturas para ACS en octubre.....</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 22. Calores y temperaturas para ACS en noviembre</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 23. Calores y temperaturas para ACS en diciembre</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 24. Coberturas medias mensuales.....</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 25. Coeficiente K según inclinación de colectores</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 26. Temperatura interior de las estancias</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 27. Temperatura exterior de Santander según precisiones.....</i>	<i>143</i>

<i>Tabla 28. Caudal mínimo en l/s de la vivienda.....</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 29. Cálculo de cargas térmicas de calefacción en octubre</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 30. Cálculo de cargas térmicas de calefacción en noviembre.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 31. Cálculo de cargas térmicas de calefacción en diciembre.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 32. Cálculo de cargas térmicas de calefacción en enero</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 33. Cálculo de cargas térmicas de calefacción en febrero.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 34. Cálculo de cargas térmicas de calefacción en marzo</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 35. Calores y temperaturas de calefacción en octubre</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 36. Calores y temperaturas de calefacción en noviembre.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 37. Calores y temperaturas de calefacción en diciembre.....</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 38. Calores y temperaturas de calefacción en enero</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 39. Calores y temperaturas de calefacción en febrero.....</i>	<i>170</i>
<i>Tabla 40. Calores y temperaturas de calefacción en marzo</i>	<i>172</i>
<i>Tabla 41. Cobertura media mensual de calefacción</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 42. Calores y potencias térmicas específicas.....</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 43. Características sobre las distintas estancias de la vivienda</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 44. Parámetros característicos del suelo radiante.....</i>	<i>179</i>
<i>Tabla 45. Pasos de tubo posibles para las estancias</i>	<i>180</i>
<i>Tabla 46. Valores de factor a_D.....</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 47. Valores del factor a_U.....</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 48. Valores de a_U para distintos pasos.....</i>	<i>184</i>

<i>Tabla 49. Valores del factor a_D.....</i>	<i>185</i>
<i>Tabla 50. Valores de a_D para distintos pasos.....</i>	<i>185</i>
<i>Tabla 51. Valores de m_t para distintos pasos.....</i>	<i>185</i>
<i>Tabla 52. Ecuaciones de curvas características del suelo radiante</i>	<i>186</i>
<i>Tabla 53. Valores de B_G.....</i>	<i>187</i>
<i>Tabla 54. Valores de B_G para los distintos pasos.....</i>	<i>188</i>
<i>Tabla 55. Valores de n_G</i>	<i>188</i>
<i>Tabla 56. Valores de n_G para distintos pasos.....</i>	<i>188</i>
<i>Tabla 57. Ecuaciones de curvas límite del suelo radiante.....</i>	<i>189</i>
<i>Tabla 58. Calores y potencias térmicas específicas.....</i>	<i>191</i>
<i>Tabla 59. Diferencia de T entre fluido y estancia para los distintos pasos</i>	<i>193</i>
<i>Tabla 60. Valores de potencia térmica para distintos pasos</i>	<i>193</i>
<i>Tabla 61. Características de los distintos pasos</i>	<i>194</i>
<i>Tabla 62. Diferencia de temperatura superficial del suelo para cierto valor de q_G .</i>	<i>194</i>
<i>Tabla 63. Caudal para la estancia de mayor q_G.....</i>	<i>196</i>
<i>Tabla 64. Pasos y longitud de suelo radiante de cada estancia.....</i>	<i>199</i>
<i>Tabla 65. Pérdidas de carga en los circuitos de las diferentes estancias</i>	<i>203</i>
<i>Tabla 66. Pérdida de carga en el colector según el número de circuitos</i>	<i>204</i>